

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR-MATRIZ**

**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES**

**TESIS DE MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS CON  
MENCIÓN EN GERENCIA DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DEL ÁREA DE SIEMBRA DEL LABORATORIO  
ARTESANAL DE TRICHODERMA DE UNA INSTITUCIÓN PÚBLICA MEDIANTE  
UN ANÁLISIS DE GESTIÓN**

**ING. GERMANIA GABRIELA VALENZUELA ARIAS**

**DIRECTOR: ING. FRANCISCO VARGAS CARRIÓN, MSc.**

**QUITO, 2015**

**DIRECTOR**

**ING. FRANCISCO VARGAS CARRIÓN, MSc.**

**INFORMATES**

**ING. MARIANO MERCHÁN FOSSATI, MBA.**

**ING. NELSON SANTIAGO LÓPEZ CRESPO, MBA.**

## **DEDICATORIA**

A Dios y a la Virgen Maria que han sido los que me han ayudado y protegido para la culminación de esta tesis.

A mis padres por que con su apoyo y ejemplo me han impulsado cada día para ser mejor personalmente y profesionalmente.

A mi esposo, por su apoyo, por que juntos hacemos un equipo formidable y hemos sobrepasado cualquier problema gracias a la bendición de Dios.

A mi hijo Juan David porque me ha mostrado el amor puro y sincero que me ha impulsado día tras día a cumplir mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al Ing. Francisco Vargas por su dirección y apoyo , y a la Institución Pública por colaborar en el desarrollo de este trabajo

# ÍNDICE

<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1. PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Problema Principal. ....</b>	<b>2</b>
1.1.1. Descripción del campo de investigación .....	2
1.1.2. Descripción de la problemática. ....	5
<b>1.2. Justificación del Problema. ....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. Objetivos.....</b>	<b>18</b>
1.3.1. Objetivo General. ....	18
1.3.2. Objetivos Específicos.....	18
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. Laboratorios Artesanales de <i>Trichoderma</i> y su importancia para el desarrollo agrícola. ....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. Gestión de Procesos. ....</b>	<b>21</b>
<b>2.3. Herramientas de Gestión. ....</b>	<b>22</b>
2.3.1. Herramientas de Mejora de Procesos.....	22
2.3.2. Herramientas para Análisis de Causa Raíz. ....	30
2.3.3. Herramientas para Diagnóstico Situacional. ....	35
<b>3. DESARROLLO .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1. Análisis Económico Inicial.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2. Levantamiento Inicial del Proceso. ....</b>	<b>43</b>
<b>3.3. Determinación Causa Raíz y Propuesta de Soluciones. ....</b>	<b>45</b>
3.3.1. Diagrama Causa Raíz.....	45
<b>3.4. Análisis técnico- económico de Soluciones. ....</b>	<b>50</b>
3.4.1. Análisis Técnico .....	50
3.4.2 Análisis Económico.....	63
<b>3.5. Implementación y Seguimiento de Soluciones. ....</b>	<b>76</b>
<b>4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>82</b>

<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>84</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>84</b>
<b>5.2. Recomendaciones .....</b>	<b>84</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO No. 1 Áreas del Laboratorio Artesanal de <i>Trichoderma</i> .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO No. 2 Registro de revisión de limpieza del área de siembra .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO No. 3. Registro de Muestras Sembradas y Contaminadas .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO No. 4. Registro de Seguimiento. ....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO No. 5. Procedimiento de Siembra .....</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Plano de la planta de Bioinsumos de Ambato .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 2. Diagrama de Producción artesanal de <i>Trichoderma</i> spp. ....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 3. Siembra de Hongo <i>Trichoderma</i> en el Laboratorio. ....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 4. Hongo <i>Trichoderma</i> puro. ....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 5. Matrices de Producción Masiva del hongo <i>Trichoderma</i>. ....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 6. Subprocesos para la obtención de <i>Trichoderma</i>. ....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 7. Cámara artesanal de siembra de <i>Trichoderma</i> .....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 8. Descripción del área de proceso de siembra de <i>Trichoderma</i> (Situación Inicial)</b>	
<b>.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 9. Resultados de siembra de <i>Trichoderma</i>. ....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 10. Muestras de <i>Trichoderma</i>. ....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 11. Resultados de siembra de <i>Trichoderma</i>. ....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 12. Etapas del proceso de producción de <i>Trichoderma</i>. ....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 13. Ciclo de Deming. ....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 14. Metodología de Mejora Continua de Procesos en la filosofía Kaizen. ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 15. Diagrama de Ishikawa .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 16. Diagrama de Pareto. ....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 17. Variables de un Diseño Experimental .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 18. Costos de la Situación Inicial del Laboratorio. ....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 19. Diagrama de Procesos de la Situación Inicial del Laboratorio .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 20. Diagrama de Ishikawa del Laboratorio Artesanal .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 21. Diagrama de Ishikawa por categorías del Laboratorio Artesanal .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 22. Diagrama de Ishikawa del Laboratorio Artesanal .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 23. Diseño experimental para la disminución del reproceso o desecho. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 24. Tratamiento con Botellas y sin Limpieza. ....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 25. Tratamiento sin Botellas y con Limpieza. ....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 26. Tratamiento sin Botellas y sin Limpieza. ....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 27. Tratamiento con Botellas y con Limpieza. ....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 28. Costos del Tratamiento sin Botella y con Limpieza .....</b>	<b>67</b>

<b>Figura 29. Costos del Tratamiento sin Botella y sin Limpieza .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 30. Costos del Tratamiento con Botella y con Limpieza.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 31. Costos Total de Operación de los Cuatro Tratamientos .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 32. Costo del desperdicio de los tratamientos.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 33. Diagrama de Procesos Implementado en el Laboratorio .....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 34. Gráfico de control de la solución implementada.....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 35. Comparación Situación Inicial vs Situación Actual .....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 36. Descripción del área de proceso de siembra de <i>Trichoderma</i> (Situación Actual)</b> <b>.....</b>	<b>81</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Localización de los laboratorios artesanales de Trichoderma. ....</b>	<b>4</b>
<b>Tabla 2. Importaciones de productos orgánicos e insumos químicos. ....</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 3. Los catorce pasos para le mejora de calidad de Crosby. ....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 4. Siete fases operativas de la filosofía Kaizen. ....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 5. Factores generales que pueden originar efecto. ....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 6. Análisis del Modo y Efecto de falla potencial. ....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 7. Matriz FODA. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla. 8. Análisis Económico situación inicial. ....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla. 9. Costos de Materia Prima ....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla. 10. Costos Indirectos ....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla. 11. Costos de Energía ....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla. 12. Costos Fijos ....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla. 13. Costos de Mano de Obra ....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 14. Costo del desperdicio de la situación inicial. ....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 15. Propuesta de Soluciones ....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 16. Tratamientos resultantes del diseño factorial ....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 17. Tratamientos resultantes del diseño factorial ....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 18. Características del área experimental ....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 19. Tabla de datos del tratamiento Con Botellas y Sin Limpieza ....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 20. Tabla de datos del tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza ....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 21. Tabla de datos del tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza ....</b>	<b>57</b>

<b>Tabla 22. Tabla de datos del tratamiento Con Botellas y Con Limpieza .....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 23. Datos obtenidos del diseño experimental para el análisis de ANOVA .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 24. ANOVA del diseño experimental .....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 25. Análisis económico de los tratamientos. ....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla. 26. Costos de Materia Prima (Tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza) .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla. 27. Costos Indirectos (Tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza) .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla. 28. Costos de Energía (Tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza) .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla. 29. Costos Fijos (Tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza) .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla. 30. Costos de Mano de Obra (Tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza) .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla. 31. Costos de Materia Prima (Tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza) .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla. 32. Costos Indirectos (Tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza) .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla. 33. Costos de Energía (Tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza) .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla. 34. Costos Fijos (Tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza) .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla. 35. Costos de Mano de Obra (Tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza) .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla. 36. Costos de Mano de Obra (Tratamiento Con Botellas y Con Limpieza) .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla. 37. Costos Indirectos (Tratamiento Con Botellas y Con Limpieza) .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla. 38. Costos de Energía (Tratamiento Con Botellas y Con Limpieza) .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla. 39. Costos Fijos (Tratamiento Con Botellas y Con Limpieza) .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla. 40. Costos de Mano de Obra (Tratamiento Con Botellas y Con Limpieza) .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 41. Costos del desperdicio o reproceso.....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 42. Datos mensuales de muestra contaminadas y no contaminadas .....</b>	<b>78</b>

## RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio se realizó en el laboratorio artesanal de *Trichoderma* de una Institución Pública en la ciudad de Ambato de la provincia de Tungurahua. El estudio se centró principalmente en el área de siembra de *Trichoderma* con el objetivo de optimizar el proceso del área mediante un análisis de gestión.

A lo largo del estudio, se conoció a profundidad el proceso de siembra de *Trichoderma* en el laboratorio, el cual dio a conocer falencias del proceso y soluciones para beneficio del laboratorio.

Se realizó un estudio inicial del proceso de siembra para obtener una idea de la situación inicial, el cual abarcó el porcentaje de reproceso y un análisis económico del mismo. Posteriormente se trabajó con el equipo de laboratorio para buscar posibles soluciones al problema principal, este trabajo se realizó con el diagrama de Ishikawa.

Una vez que se obtuvo las principales soluciones al problema, se realizó un diseño experimental 2x2 para observar si las soluciones planteadas tienen alguna diferencia significativa en la variable respuesta, adicionalmente se realizó un análisis económico para observar que solución es más viable para las condiciones del laboratorio artesanal de *Trichoderma*.

Luego de haber analizado los datos, se realizó la implementación y seguimiento de la solución y se pudo concluir que se pudo optimizar el área de siembra de *Trichoderma*.

## INTRODUCCIÓN

El reto de la calidad en la gestión pública es su orientación al servicio de las necesidades y expectativas de la ciudadanía y su compromiso en alcanzar una sociedad de bienestar. La capacidad de innovar y adaptarse continuamente a los requerimientos sociales permitirá a la administración pública incrementar la credibilidad y confianza de los ciudadanos sobre las diversas prestaciones y variados servicios que suministra.

Debido a esta importancia y en los últimos años, el Estado Ecuatoriano ha estado abordando herramientas y acciones que incorporan estrategias de calidad con el fin de aumentar el valor esperado de las instituciones públicas del Gobierno Central; entre estas iniciativas se encuentran: uso de normas y estándares internacionales, gestión de procesos, innovación de equipos y proyectos de mejora.

A pesar de los esfuerzos, aún falta más desarrollo y contribución de casos que incorporen lineamientos académicos y que lleven criterios profesionalizados; por ello, este análisis del mejoramiento de la gestión de procesos de los laboratorios artesanales de *Trichoderma* contribuyó a aportar lineamientos que puedan ser considerados en la estrategia y experiencia del desarrollo del sector público y su incidencia del Buen Vivir dentro de la calidad de agricultura de pequeños y medianos productores del país.

# **1. PROBLEMÁTICA**

## **1.1. Problema Principal.**

### **1.1.1. Descripción del campo de investigación**

La biotecnología agrícola es un tema de gran actualidad a nivel mundial que ha impulsado muchas controversias y debates alrededor de su utilidad por, su impacto al medio ambiente, así como también por su compatibilidad con los sistemas de producción existentes. Además, sus beneficios muchas veces no se ven reflejados en los sectores donde más se necesita su aplicación, ya que la mayoría de los resultados de las investigaciones se quedan en las universidades, centros de investigación y empresas privadas, convirtiéndose en un beneficio inalcanzable para los medianos y pequeños productores.

Asimismo, muchas de las técnicas biotecnológicas son complicadas y difíciles de aplicar ya que se requiere de equipos y tecnologías complejas; sin embargo se han encontrado técnicas aplicables a la agricultura que son consideradas herramientas poderosas y de fácil aplicación, que optimizan la productividad de los sistemas agrícolas y sobre todo la calidad de los alimentos, mejorando así, el medio ambiente. Estas nuevas técnicas son accesibles a pequeños y medianos productores porque su tecnología es simple y de fácil adquisición, ya que se producen en forma natural.

Es así, que surgen las Biotecnologías "apropiables" que, según Falconí (2010), son herramientas biotecnológicas que contribuyen al desarrollo sostenible, al ser técnicamente factibles dentro del nivel de desarrollo técnico-científico de un país; al proveer beneficios tangibles a los destinatarios y ser ambientalmente seguras, socio-económico y culturalmente aceptables, promueven el desarrollo de una agricultura sostenible a través del uso de recursos

genéticos y procesos de transformación de dichos recursos considerando las culturas y tecnologías locales.

En el Ecuador, el Gobierno Nacional en respuesta a la demanda del sector rural para mejorar el nivel de vida de los ciudadanos rurales y disminuir las importaciones de agroquímicos, ha creado el Programa Nacional de Innovación Tecnológica Participativa y Productividad Agrícola (PITPPA) a través del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca cuyos componentes metodológicos son las Asociaciones Agrícolas.

Las Asociaciones Agrícolas se encuentran actualmente en ejecución a nivel nacional y tiene un potencial para la aplicación de tecnologías innovadoras; esto ha permitido a campesinos y a los centros de investigación tener una relación más cercana con el fin de crear tecnologías que se adapten a las necesidades del sector "campesino" del Ecuador. Con esta visualización, se crean los laboratorios artesanales, donde los propios campesinos mediante una capacitación previa, son capaces de operar dichos laboratorios. Los laboratorios artesanales están enfocados en la generación de tecnologías que promuevan una agricultura sostenible, ambientalmente segura, socialmente aceptable y económicamente viable. Cabe mencionar que estos laboratorios artesanales tienen un porcentaje de participación del 0,2% dentro de la estrategia de disminución de agroquímicos del Ministerio, ya que por el momento su producción no les permite ser autónomos. A nivel nacional se han desarrollado 13 laboratorios, como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1. Localización de los laboratorios artesanales de *Trichoderma*.**

<b>N.-</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Asociación u Organización</b>
<b>1</b>	Carchi	Montufar	Asociación para el Desarrollo comunitario Canchaguano
<b>2</b>	Sucumbíos	Gonzalo Pizarro	La Asociación de Productores Agropecuarios Forestales “APROAGROF” y la Asociación de Trabajadoras Agropecuarias LUZ DE AMÉRICA
<b>3</b>	Chimborazo	Riobamba	Asociación Agro artesanal 4 de diciembre de Santa Bárbara
<b>4</b>	Tungurahua	Ambato	Centro Agrícola Cantonal de Ambato
<b>5</b>	Pastaza	Asociación El Cañaveral	Santa Clara
<b>6</b>	Santa Elena	Comuna Sancha	Organización Sinchal
<b>7</b>		Limoncito	
<b>8</b>	Manabí	Bolívar	Corporación Fortaleza del Valle
<b>9</b>	Azuay	Sigsig	Aso. Pamar Chacrin
<b>10</b>	Morona Santiago	Sucúa	La Aso. de Trabajadores Autónomos El Tesoro
<b>11</b>	Loja	Calvas	Comuna Tablonsillo
<b>12</b>	Santo Domingo	Santo Domingo	Comuna Flor del Valle
<b>13</b>	Bolívar	Guaranda	Asociación María del Pilar

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Programa Nacional Tecnológica, Participativa y Productividad Agrícola.

### **1.1.2. Descripción de la problemática.**

Las áreas del laboratorio artesanal de *Trichoderma* constan de 6 lugares para su funcionamiento. Estas áreas se muestran en la Figura 1, donde se visualizan:

**1. Área de Ingreso:** En esta área el personal y las visitas se colocan el mandil para ingresar al laboratorio.

**2. Área de Siembra:** En esta área se realiza la siembra de *Trichoderma* en sus diferentes matrices.

**3. Área de Lavado:** Para el lavado del material sucio y su esterilización para usarlo nuevamente.

**4. Área de Cultivo:** Donde se encuentran repisas para que el *Trichoderma* siembra pueda reproducirse y sea útil para la producción del *Trichoderma* comercial.

**5. Bodega:** Para el almacenamiento de la materia prima e insumos como envases, fundas, etc.

**6. Oficina.**



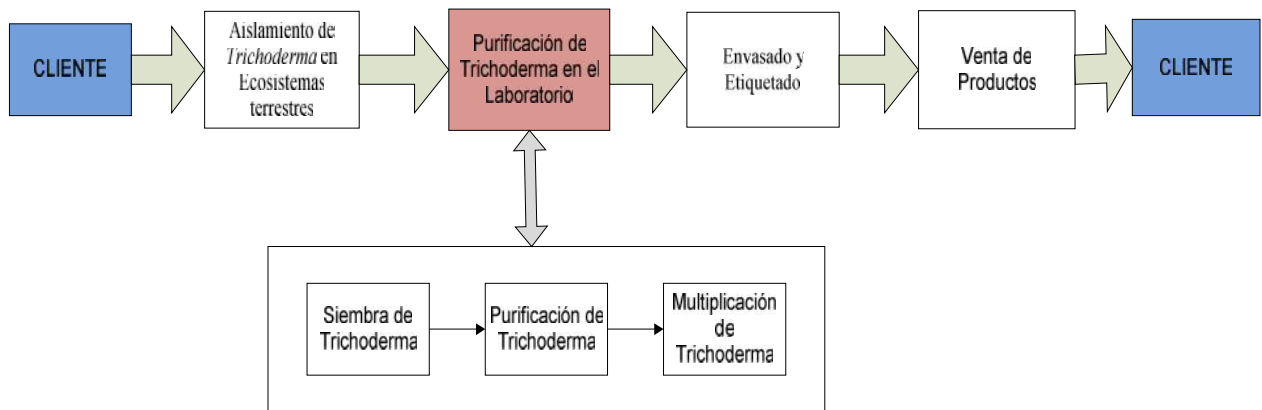


**Figura 1. Plano de la planta de Bioinsumos de Ambato**

Elaborado Por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorios Artesanal de *Trichoderma*

El proceso de producción de *Trichoderma* es estándar para los 13 laboratorios artesanales. En la Figura 2, se presenta el Diagrama Macro de producción del hongo *Trichoderma*. En el Anexo 1 se presentan fotos adicionales de las etapas del proceso de producción de *Trichoderma*.



**Figura 2. Diagrama de Producción artesanal de *Trichoderma* spp.**

Elaborado Por: Ing. Gabriela Valenzuela.

Fuente: Laboratorios Artesanal de *Trichoderma*

*Fase de Aislamiento:* Para realizar el aislamiento del hongo *Trichoderma* se inicia en el campo, bajo observación directa del cultivo, ya que sus características fisiológicas del cultivo van relacionados directamente con la calidad de hongo *Trichoderma*. Para el aislamiento del hongo, una vez que se ha encontrado la mejor planta dentro del cultivo, se utilizan trampas de arroz, las cuales se colocan en contacto directo con el microecosistema (Raíz) por una semana. Luego de su aislamiento es llevada al laboratorio para su posterior purificación.

*Fase de Purificación:* En esta fase se Siembra, Purifica y se Multiplica el hongo *Trichoderma* en el laboratorio. Se siembra el hongo aislado en el campo en cajas petri con medio de cultivo PDA. Este medio de cultivo permite el crecimiento del hongo *Trichoderma*, como se observa en la Figura 3.

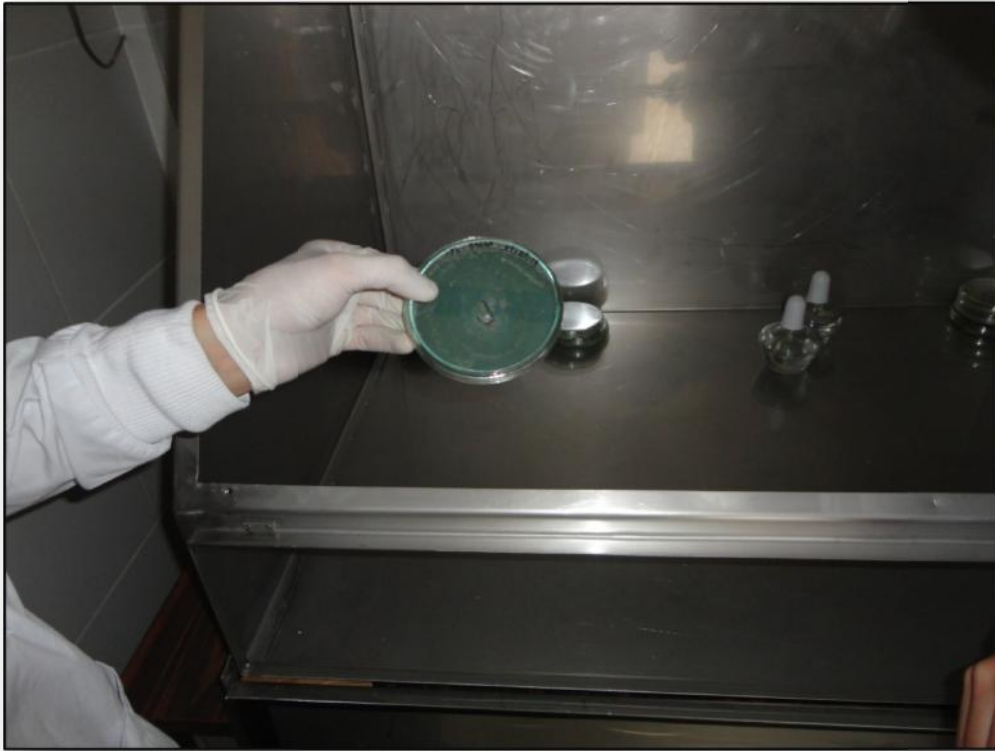


**Figura 3. Siembra de Hongo *Trichoderma* en el Laboratorio.**

Elaborado Por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorios Artesanal de *Trichoderma*

Para empezar con la purificación del hongo *Trichoderma*, se va tomando muestras de la primera caja y se siembra en una segunda, posteriormente se toma una muestra de la segunda caja para sembrar en una tercera, y así sucesivamente hasta obtener el hongo *Trichoderma* puro. El hongo *Trichoderma* puro tiene un color verde característico como se observa en la Figura 4.

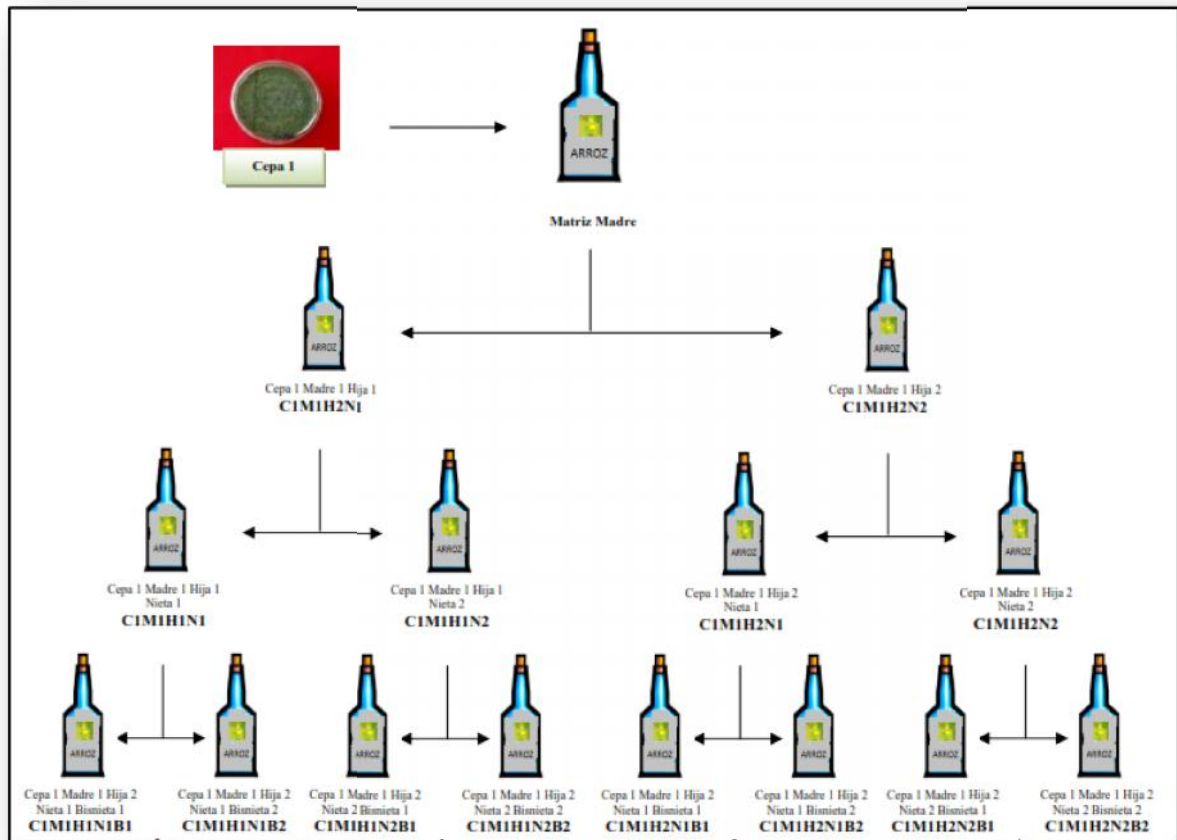


**Figura 4. Hongo *Trichoderma* puro.**

Elaborado Por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorios Artesanal de *Trichoderma*

En la fase se multiplica el hongo purificado y se lo siembra en botellas con arroz, el arroz es un buen medio de cultivo para los hongos *Trichoderma*. En esta fase se aplican matrices de producción y purificación masiva como se observa en la Figura 5. Estas matrices consiste a partir de una cepa de hongo de *Trichoderma*, se siembra matrices madres, estas en hijas, estas en nietas y estas en bisnietas para su purificación, de las bisnietas se toman las muestra para sembrarlas en fundas, las cuales permiten obtener el producto final



**Figura 5. Matrices de Producción Masiva del hongo *Trichoderma*.**

Elaborado Por: Ing. Cristina Troya (Jefa de los laboratorios artesanales)

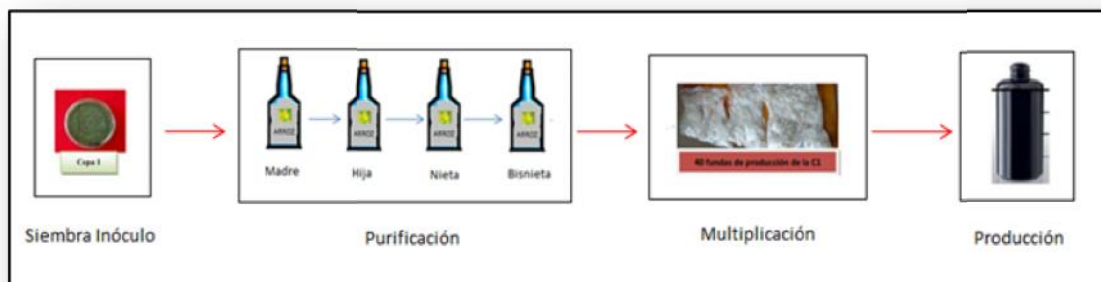
Fuente: Laboratorios Artesanal de *Trichoderma*

Estas matrices tienen como objetivo principal preservar la pureza del hongo, asegurar su comportamiento biocatalítico y garantizar la dotación de inóculo necesario para su buen funcionamiento en el campo. Una vez que se obtienen las botellas de 4 generaciones, se siembran en fundas, las cuales permitirán la multiplicación del hongo *Trichoderma* que será utilizado para la elaboración del producto final.

*Fase de Etiquetado y Envasado:* En esta fase se utiliza una solución cosechadora, la cual permitirá recolectar los hongos *Trichoderma* que se encuentran en el medio de cultivo de arroz. Luego de la recolección se procede a envasarlo, se utiliza 500 ml del hongo cosechado y se afora hasta un litro, esta relación permite obtener una concentración adecuada de hongo *Trichoderma* para obtener resultados deseados en los cultivos.

*Fase de Venta:* En esta fase el producto sale a la venta para el uso como biofertilizante para los pequeños y medianos productores

De las cinco fases de producción que tiene el laboratorio artesanal de *Trichoderma*, se observa una mayor contaminación en las fases de purificación y multiplicación. Estas fases se encuentran en el área de siembra. Como se mencionó anteriormente esta área tiene en su proceso de siembra varios subprocesos que le permiten obtener un producto apto para la agricultura. Estos subprocesos se muestran en la Figura 6.



**Figura 6. Subprocesos para la obtención de *Trichoderma*.**

Elaborado Por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorios Artesanal de Estudio

Cabe mencionar que el proceso de siembra se hace dentro de una cámara de siembra artesanal como se muestra en la Figura 7, las cual no garantiza una adecuada inocuidad.



**Figura 7. Cámara artesanal de siembra de *Trichoderma***

Elaborado Por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorios Artesanal de Estudio

La descripción del área de proceso de siembra se muestra en la Figura 9. Aquí se presenta las entradas, salidas, recursos y controles del proceso

PROVEEDORES		LIDER DEL PROCESO		CLIENTES	
→ Asociaciones Agrícolas		JEFE DE LOGISTICA		Pequeños y medianos agricultores	
		DESCRIPCION Y LIMITES DEL PROCESO			
		En ese proceso se purifica y multiplica el hongo Trichoderma para realizar un biofertilizante. Para la producción de un frasco de biofertilizante se debe obtener promedio de 3 fundas de hongo Trichoderma purificado y multiplicado.			
ENTRADAS		NOMBRE DEL PROCESO		SALIDAS	
E1: Trichoderma aislado de plantas genéticamente buenas.		SIEMBRA DE TRICHODERMA		S1: Trichoderma purificado y multiplicado (72% de la producción se contamina)	
RECURSOS					
PERSONAL: Laboratorista	INSTALACIONES: Laboratorio artesanal	EQUIPOS Y TECNOLOGIA: Cámara de siembra Matrices de multiplicación Instrumentos para siembra		FINANCIERO S: Presupuesto del Estado y de Asociaciones	
CONTROLES				MEDICION	
DOCUMENTOS: No poseen		REGISTRO S: Aplican el Registro de muestras contaminadas pero no los archivan		INDICADOR: Número de muestras contaminadas	

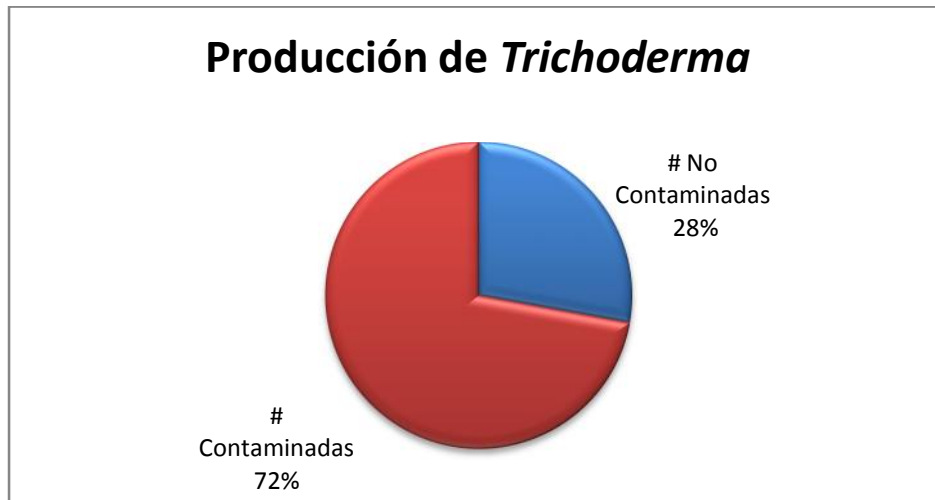
**Figura 8. Descripción del área de proceso de siembra de *Trichoderma* (Situación Inicial)**

Elaborado Por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorios Artesanal de Estudio



Las estadísticas del proceso de siembra del caso de investigación del período junio-septiembre 2014 muestran reprocesos con porcentajes muy altos: de 219 muestras sembradas 158 muestras presentan contaminación, es decir, el 72% se desecha (ver Figura 9).



**Figura 9. Resultados de siembra de *Trichoderma*.**

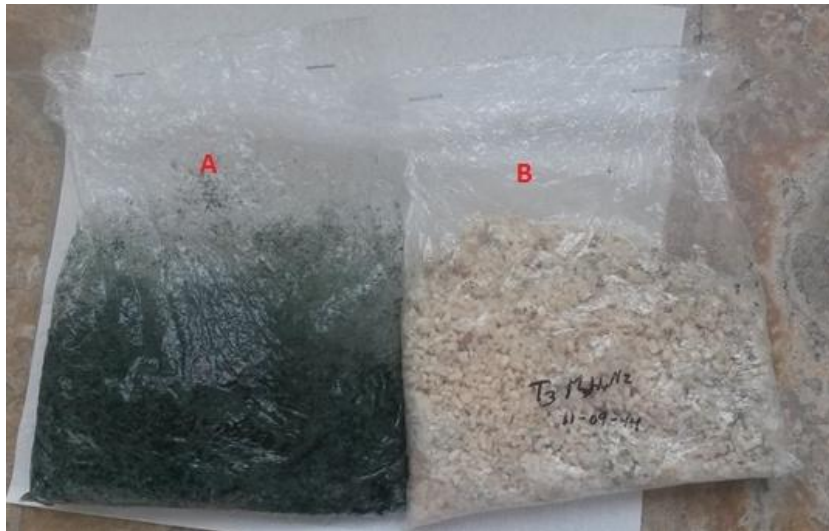
Elaborado Por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorios Artesanal de Estudio (Datos de Junio a Septiembre 2014)

Cabe mencionar que en este proceso de siembra se inocula el hongo en tres formas distintas:

- En caja Petrí: Siembra del inóculo de hongos jóvenes.
- En presentación de vidrio: Para la purificación del hongo.
- En fundas: Para la reproducción del hongo puro; siendo esta presentación la utilizada para la producción de *Trichoderma* comercial.

En la Figura 10, se observan muestras contaminadas y no contaminadas. La funda A muestra un *Trichoderma* bisnieto listo para ser producto final, a diferencia de la funda B que no muestra crecimiento del hongo por contaminación.

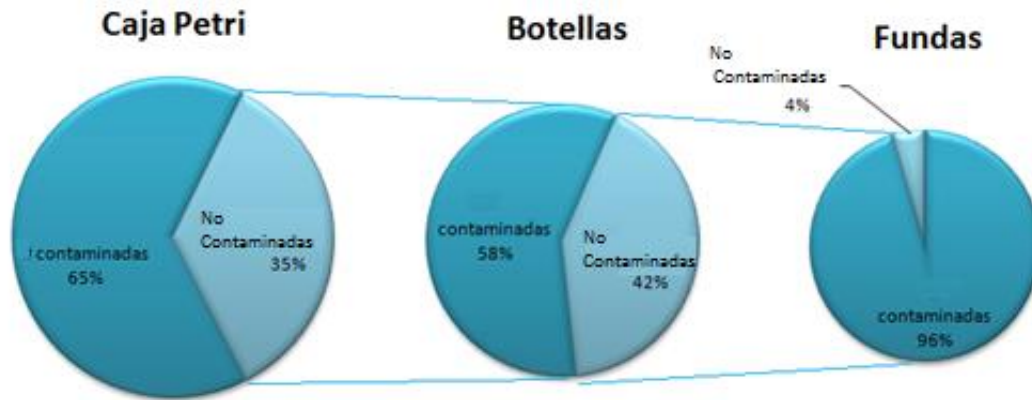


**Figura 10. Muestras de *Trichoderma*.**

Elaborado Por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorios Artesanal de Estudio

Los subprocesos están concatenados el uno con el otro lo que afecta aún más la contaminación del proceso de siembra (ver Figura 11).



**Figura 11. Resultados de siembra de *Trichoderma*.**

Elaborado Por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorios Artesanal de Estudio (Datos de Junio a Septiembre 2014)

Como se observa en la Figura 10, el reproceso es muy alto en todo el proceso de siembra, del 35% de cajas con *Trichoderma* joven se obtienen 42% botellas puras y de estas apenas el 4% son fundas no contaminadas; como consecuencia se requiere volver a sembrar matrices de producción, desechando recursos e invirtiendo tiempo para limpiar productos contaminados. Adicionalmente a esto, el laboratorio no cuenta con análisis económico que muestre la realidad del problema, provocando que la dirección y los trabajadores no concienticen sobre la problemática.

## 1.2. Justificación del Problema.

El género *Trichoderma* son microorganismos que cumple funciones importantes en el ecosistema del Ecuador, como son: la producción de sustancias que promueven el crecimiento y desactivación de sustancias tóxicas generadas por la planta y como su acción como mico parásito regulando poblaciones microbianas junto o separadamente con la

producción de sustancias antibióticas. Por este motivo, el Estado en el enfoque del Buen Vivir ha construido laboratorios artesanales de *Trichoderma*. Estos laboratorios son los primeros en su género a nivel nacional, constituyen además una importante herramienta para la multiplicación artesanal de microorganismos benéficos enfocados (en primera instancia) en procesos agrícolas que favorecen a pequeños y medianos productores del país, proporcionando una agricultura con menor consumo de químicos y con beneficios ambientales y agroindustriales.

La producción de *Trichoderma* en estos laboratorios artesanales debe ser realizada con el objetivo de reducir las importaciones de agroquímicos, ya que el Ecuador se ha caracterizado por un elevado consumo de agroquímicos. Según el SINAGAP (2013), el país realizó importaciones de productos orgánicos e insumos químicos como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2. Importaciones de productos orgánicos e insumos químicos.**

AÑO	MONTO	DESCRIPCIÓN
2011	325738,2	TM de producto orgánico
	621293,5	Dólares en insumos agrícolas
2012	6266,27	TM de producto orgánico
	403930,24	Dólares en insumos agrícolas
2013	5263,66	TM de producto orgánico
	327183,49	Dólares en insumos agrícolas

Fuente: SINAGAP. (2013). Boletín de Agroquímicos del Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

Por esta necesidad de reducir las importaciones de agroquímicos en el país, el Estado Ecuatoriano ha estado abordando herramientas y acciones que incorporan estrategias de calidad con el fin de aumentar el valor esperado de las instituciones públicas del Gobierno Central; entre estas iniciativas se encuentran: uso de normas y estándares internacionales, gestión de procesos, innovación de equipos y proyectos de mejora, por ello, este análisis del mejoramiento de la gestión de procesos de los laboratorios artesanales de *Trichoderma* contribuirá a aportar a los lineamientos estratégicos de la matriz del Buen Vivir en el objetivo 11, numeral 11.4, apartado f) en el cual propone asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnología mediante la sustitución de agroquímicos por el uso de bioinsumos en la producción (SENPLADES, 2013).

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Optimizar el proceso del área de siembra del Laboratorio Artesanal del *Trichoderma* mediante un análisis de gestión de procesos.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Realizar un análisis económico inicial del proceso de siembra del laboratorio artesanal de *Trichoderma*.
- Establecer las causas-raíz de reprocesos en el proceso de siembra.
- Determinar el análisis técnico-económico de las mejores soluciones al problema.
- Implementar la solución óptima al problema y medir su eficiencia.

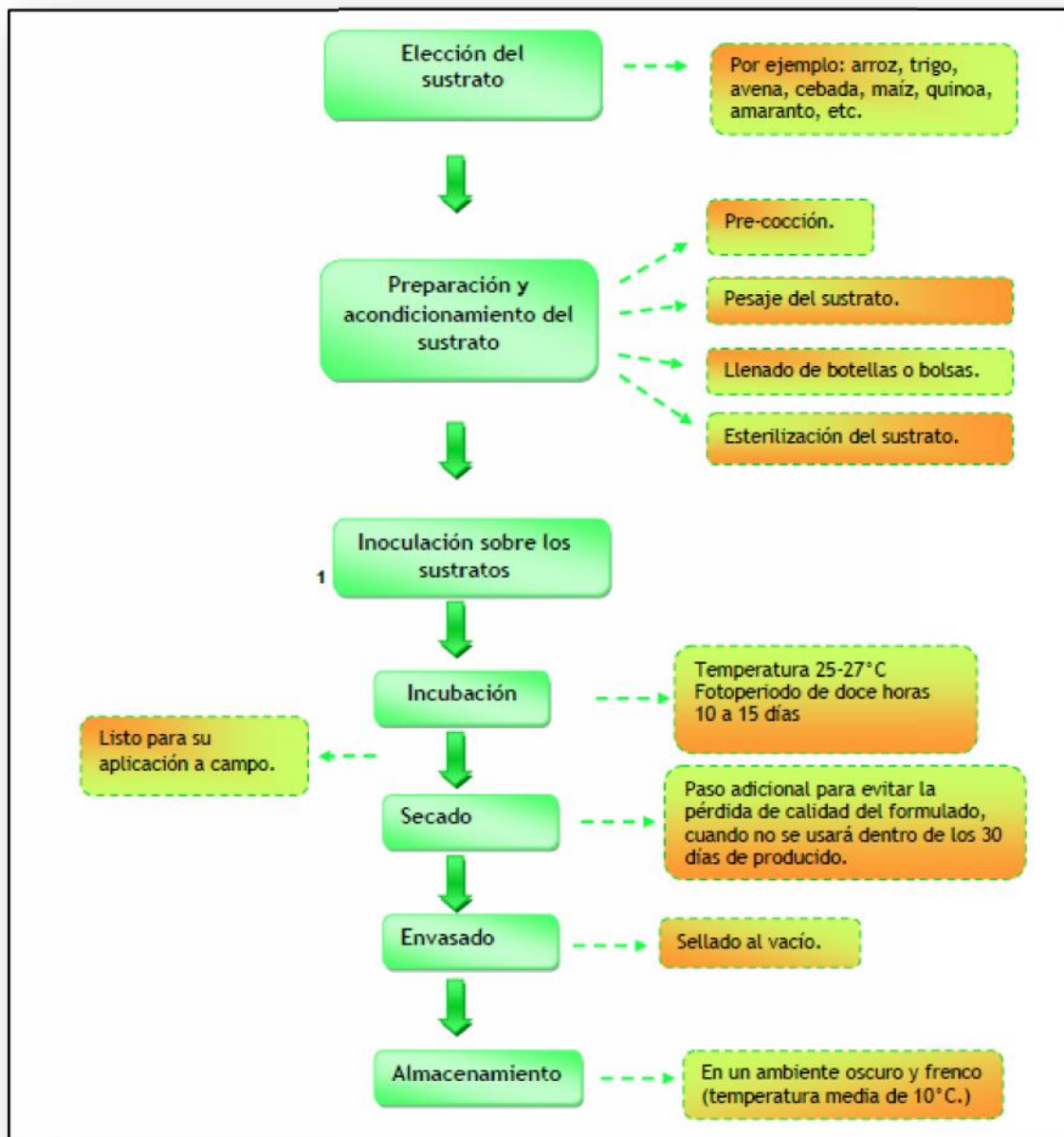
## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Laboratorios Artesanales de *Trichoderma* y su importancia para el desarrollo agrícola.**

En la actualidad los pesticidas se han colocado como una herramienta principal para el control de patógenos, estos agentes son sustancias químicas que provocan efectos indeseados en el medio ambiente, produciendo contaminación de suelos, recursos hídricos y alteración en el ecosistema. Una de las alternativas para disminuir el uso de estos químicos en la agricultura es el uso de agentes de control biológico. Dentro de estos agentes se encuentran principalmente el género *Trichoderma* (Sivila & Álvarez, 2013).

Las especies del genero *Trichoderma* son los hongos más utilizados como biocontroladores a nivel mundial por su facilidad para ser aisladas, su crecimiento rápido y principalmente porque es un género que no es considerado como patógeno para la planta. Este hongo protege las raíces de la planta y previene enfermedades del follaje en un amplio rango de cultivos.

La multiplicación del hongo *Trichoderma*, se puede realizar en forma artesanal o industrial. En el Ecuador la producción de este hongo se está realizando de forma artesanal a nivel de pequeños y medianos productores. El proceso de producción artesanal de *Trichoderma* según Sivila & Álvarez (2013), se muestra en la Figura 12. Este proceso es aplicado en el Laboratorio artesanal de *Trichoderma* de Ambato.



**Figura 12. Etapas del proceso de producción de Trichoderma**

Fuente: Sivila & Álvarez. (2013). Producción Artesanal de Trichoderma CEDAF

Debido a los beneficios mencionados de este hongo a nivel agrícola, los laboratorios artesanales de *Trichoderma*, constituyen una importante herramienta para los lineamientos

planteados a nivel país, como es la reducción del uso de agroquímicos. Según Falconí (2010), " La idea de producir masivamente *Trichoderma*, como uno de los microorganismos más representativos en el campo agrícola, ambiental y toxicológico, con el impacto benéfico, que conlleva su aplicación en el campo agropecuario, constituye una de las ideas más acertadas que ha tenido el Gobierno Nacional" (pág. 8-9).

Según Sivila & Álvarez (2013), para que los laboratorios artesanales de *Trichoderma* puedan cumplir con los objetivos de un país, deben tener un sistema de procesos que les permita garantizar parámetros de calidad y cumplir con una formulación que mantenga las propiedades biológicas adecuadas para la aplicación en campo, ya que al ser un producto biológico podría causar desequilibrio ambiental si se lo aplica inadecuadamente. Es por ello que los laboratorios artesanales en el Ecuador deben poseer un adecuado sistema de gestión de procesos que le permita obtener productos adecuados de calidad que disminuya el uso de químicos y permita una agricultura verde para los pequeños y medianos productores.

## **2.2. Gestión de Procesos.**

La gestión de procesos es una herramienta que están usando las empresas para mejorar el desempeño de los procesos de negocio, es decir, su calidad. Según Martínez & Cegarra (2014) la gestión de procesos, viabiliza a las empresas a identificar indicadores para poder evaluar el rendimiento de las diversas actividades que se producen, no solo consideradas de forma aislada, sino formando parte de un conjunto estrechamente interrelacionado, lo cual permite un alineamiento en el proceso y como resultado al cumplimiento de los objetivos de la empresa. Según las Normas ISO 9000, la gestión es el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. Por lo tanto, un sistema de gestión de procesos es el conjunto de actividades encaminadas a dirigir y controlar los elementos que forman un sistema, capaz de establecer la estrategia para lograr el cumplimiento de los objetivos organizacionales. Entre las ventajas que ofrece implementar un sistema de gestión de procesos en una organización pública encontramos (Pérez & Seco, 2013):



- Ofrecer una visión completa de la organización
- Añadir valor al proceso y disminuir costos
- Satisfacer las necesidades del cliente
- Detectar inefficiencias y debilidades para poder acometer cambios rápidamente.

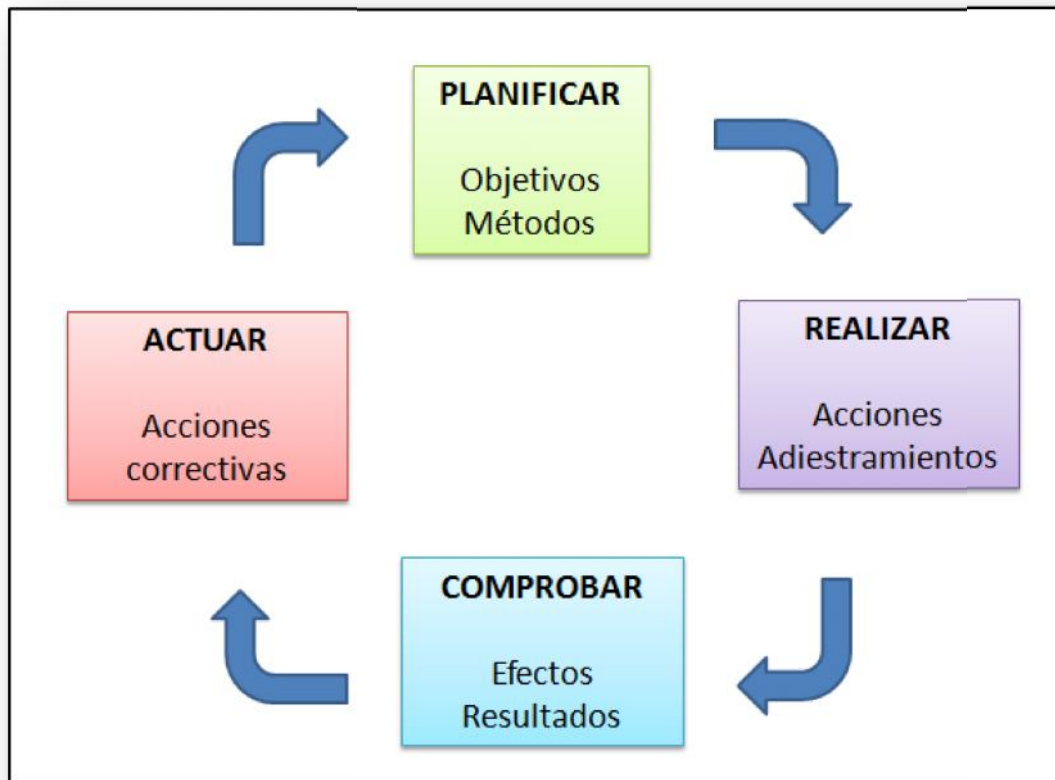
Como se mencionó anteriormente una de las ventajas de la gestión de procesos es la detección de problemas la cual permite implementar soluciones rápidamente, estimulando así una mejora continua de procesos, productos y servicios para alcanzar y mantener ventajas competitivas. Según (Heredia, 2001) la mejora continua depende mucho de cómo la gente va aprendiendo y transmitiendo sus conocimientos. Este proceso de mejora busca eliminar las causas de los problemas en sus fuentes, para ello es necesario aplicar herramientas que permitan un análisis de causa-efecto lo que permite un conocimiento más amplio de la realidad del proceso.

### **2.3. Herramientas de Gestión.**

#### **2.3.1. Herramientas de Mejora de Procesos.**

##### *a) Ciclo de Deming*

Este ciclo también es llamado el ciclo PHVA que significa Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (ver Figura 13).



**Figura 13. Ciclo de Deming.**

Fuente: Cuatrecasas. (2010). Gestión Integral de la Calidad: Implementación, control y Certificación.

El ciclo PHVA ayuda a la prevención y resolución de problemas realizando así una mejora continua. La lógica de este ciclo es hacer las cosas ordenadas y correctas. Según Cuatrecasas (2010) este ciclo está constituido por varias etapas y subetapas:

1. **Planificar:** En esta fase es importante saber cuáles son los objetivos que se quieren alcanzar y la elección de los métodos adecuados para lograrlos, esto se puede realizar mediante un estudio de causas y los correspondientes efectos para prevenir los fallos

potenciales y los problemas de la situación sometida a estudio, aportando soluciones y medidas correctivas.

2. **Hacer:** Consiste en llevar a cabo el trabajo y las acciones correctivas planeadas en la fase anterior. Corresponde a esta fase la formación y educación de las personas y empleados para que adquieran un adiestramiento en las actividades y actitudes que han de realizar. es importante comenzar el trabajo de manera experimental, para, una vez que se haya comprobado su eficacia en la fase siguiente, formado la acción de mejora en la última etapa.
3. **Verificar:** Es el momento de verificar y controlar los efectos y resultados que surjan de aplicar las mejoras planificadas. se ha de comprobar si los objetivos marcados se han logrado o, si no es así, planificar de nuevo para tratar de superarlos.
4. **Actuar:** Una vez que se comprueba que las acciones emprendidas dan el resultado apetecido, es necesario realizar su normalización mediante una documentación adecuada, describiendo lo aprendido, como se ha efectuado, etc. Se trata, al fin y al cabo, de formalizar el cambio o acción de mejora de forma generalizada introduciéndolo en los procesos o actividades.

#### b) Cero defectos de Crosby

Crosby define la calidad como una conformidad con los requisitos y asegura que las empresas desperdician sus recursos incorrectamente realizando malos procesos y repitiéndolos, es por

ellos que el cero defectos que él propone consigue establecer una política de prevención para poder trabajar sin errores, evitar lo defectos esenciales para que no repercuta en la organización y dar importancia a los problemas numerosos pero triviales como a los escasos pero vitales. Crosby recomienda 14 pasos para lograr la mejora de la calidad (Ver Tabla 3) (Miranda, Antonio, & Sergio, 2007).

**Tabla 3. Los catorce pasos para le mejora de calidad de Crosby.**

<b>No. PASOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1. Compromiso de la dirección</b>	Los directivos deben manifestar de forma clara su compromiso con la mejora de la calidad fijando una política de calidad en la organización, comunicando de forma reiterada su compromiso y dando importancia a la calidad en las reuniones periódicas de la dirección.
<b>2. Equipo de mejora de la calidad</b>	Debe crearse un equipo que dirija el proceso de mejora con un liderazgo bien definido y una comunicación fluida con la alta dirección.
<b>3. Medida de la calidad</b>	Con objeto de cuantificar los problemas existentes y la eficacia de las medidas correctoras.
<b>4. Análisis de costos de calidad</b>	Se trata de identificar elementos integrantes del costo de calidad y formar a los directivos en la utilización de esta herramienta de gestión.
<b>5. Toma de conciencia por parte de todos los trabajadores</b>	Se debe contar con un buen sistema de comunicación que fomente la preocupación de los trabajadores por los problemas de calidad y transmita el compromiso de la dirección con la mejora de la calidad.

Fuente: Miranda, Antonio, & Sergio. (2007). Introducción a la gestión de la Calidad. Delta Publicaciones.

Continuación Tabla 3: Los catorce pasos para le mejora de calidad de Crosby.

No. PASOS	DESCRIPCIÓN
<b>6. Implementación de medidas correctivas</b>	Se debe contar con un procedimiento sistemático para la identificación y resolución de problemas, partiendo de un análisis de las causas que los generan.
<b>7. Planificación del cero defectos</b>	Se debe elaborar un plan de actividades preparatorias a la inauguración formal del programa de cero defectos (día cero defectos), para ellos debe contarse con las opiniones de todos los implicados en el proceso de mejora.
<b>8. Educación de los trabajadores</b>	Habría que determinar el programa de formación más adecuado para cada trabajador con vistas a alcanzar la mejora de la calidad deseada.
<b>9. Día de cero defectos</b>	Debe fijarse un día de comienzo formal del plan que transmita a todo el cambio cultural en la organización y el compromiso general para alcanzar dicho objetivo.
<b>10. Establecimiento de objetivos</b>	Todos los trabajadores deben establecer objetivos individuales de mejora y metas a alcanzar en sus equipos de trabajo.
<b>11. Eliminación de las causas del error</b>	Debe implementarse un sistema de comunicación fluido entre trabajadores y dirección para que estos puedan transmitir los problemas que se enfrentan de cara a lograr sus objetivos individuales de mejora.
<b>12. Reconocimiento del personal</b>	Se hace imprescindible fijar un sistema de reconocimiento para empleados y directivos por igual, que no esté basado exclusivamente en incentivos económicos.
<b>13. Consejos de calidad</b>	Se trata de reuniones periódicas de los distintos responsables de calidad para poder compartir sus experiencias y conocimientos.
<b>14. Volver a empezar</b>	El proceso de mejora de la calidad no tiene fin, sino que siempre existen posibilidades de mejora y problemas a solucionar.

**c) Modelo Kaizen**

En la filosofía Kaizen, el mejoramiento de procesos representa un esfuerzo permanente para el descubrimiento de oportunidades de mejora dentro de un proceso complejo o integral, el cual permita optimizar y mantener el rendimiento del proceso, agregándole valor y, sobretodo, creando orgullo en los empleados por el cumplimiento de los objetivos. En la Figura. 14, se describe cada fase de la filosofía Kaizen (Suárez, 2007).



**Figura 14. Metodología de Mejora Continua de Procesos en la filosofía Kaizen.**

Fuente: Suárez. ( 2007). La filosofía de Mejora Continua e Innovación Incremental detrás de la Administración por Calidad Total. Mexico.

El mejoramiento continuo de procesos dentro de la filosofía KAIZEN consta de 7 fases operativa que se describen en la Tabla 4.

**Tabla 4. Siete fases operativas de la filosofía Kaizen.**

<b>FASE</b>	<b>PASOS</b>	<b>ORIENTACIÓN</b>
<b>1. Comprensión</b>	1. Esquematizar el sistema de trabajo de la organización para comprender la organización. 2. Determinar el nivel más adecuado de análisis para mejorar el proceso	A nivel organizacional sistémico
<b>2. Selección</b>	1. Determinar las necesidades del cliente y sus requerimientos claves para el proceso. 2. Toma del proceso prioritario de mejora	Al Proceso y al cliente
<b>3. Documentar</b>	1. Documentar el proceso en su situación actual. 2. Identificar el flujo del proceso, sus límites, las actividades que no agregan valor y las relaciones cliente-proveedor internas	Al Proceso
<b>4. Medir</b>	1. Establecer los indicadores de medición en base a los requerimientos del cliente. Recopilar los datos cuantitativos del proceso	Al Proceso y al Mantenimiento

Fuente: Suárez. ( 2007). La filosofía de Mejora Continua e Innovación Incremental detras de la Administración por Calidad Total. Mexico.

Continuación **Tabla 4: Siete fases operativas de la filosofía Kaizen.**

FASE	PASOS	ORIENTACIÓN
<b>5. Analizar</b>	1. Identificar y priorizar las áreas de oportunidad del proceso que incluya las mediciones y las actividades que no agregan valor.	Al Proceso y al Mantenimiento
	2. Identificar las causas de cada área de oportunidad encontrada.	
	3. Establecer los límites de control para el cumplimiento de las especificaciones operativas	
<b>6. Mejorar</b>	1. Estableces la situación futura deseada. Establecer objetivos de mejora y medios para lograrlo.	A la Mejora diaria
<b>7. Evaluar y Estandarizar</b>	1. Evaluar los resultados de las mejoras en su impacto al proceso	A la Mejora diaria.
	2. Estandarizar el proceso	
	3. Difundir las lecciones aprendidas y los nuevos estándares	

c) Metodología LEAN

El concepto Lean Manufacturing se centra en realizar las cosas de forma correcta, en el lugar correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando las ineficiencias, despilfarro, siendo flexibles y abiertos al cambio. Esta metodología busca la simplicidad, la agilidad y aumentar la velocidad en los procesos con el objetivo de maximizar la eficiencia y la productividad, reduciendo o evitando los costes o valores por el cliente. Sus principios clave son (García, 2010):



- Calidad perfecta a la primera. Búsqueda de cero defectos y detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización de las ineficiencias. Eliminación de las actividades que no agreguen valor y la minimización del uso de recursos escasos.
- Mejora continua. Reducción de costos, aumento de la productividad y mejoramiento de la calidad.
- Procesos pull. Los productos son solicitados por el cliente final y no por el final de la producción.
- Flexibilidad. Producir variedad de productos sin sacrificar la eficiencia debido a los menores volúmenes de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores.

Esta metodología actúa sobre tres áreas (García, 2010):

- La producción: reduciendo los tamaños de los lotes mínimos de producción mediante sistemas sencillos.
- La cadena de suministros: reduciendo el número de proveedores basado en su habilidad para adaptarse a los requerimientos del cliente y estabilidad de la relación.
- La cultura empresarial. Menos personal, mayor empoderamiento y multiespecialización laboral.

### **2.3.2. Herramientas para Análisis de Causa Raíz.**

a) Diagrama Ishikawa

Este diagrama es también conocido como diagrama de pescado o Ishikawa, el cual sirve para ordenar las causas que afectan en la calidad de un proceso. Este diagrama ayuda a conceptualizar en forma más sencilla el problema que se pretende resolver. Para construir un diagrama de Causa y Efecto, se debe seguir los siguientes pasos según Guajardo (2003):

1. Identificar el problema que se quiere analizar (EFECTO).
2. Anotar los factores generales que pueden originar efecto. Estos habrán de ser respuesta a la pregunta ¿por qué sucede el efecto? Existe la regla de los 6Ms o 4Ps para el área administrativa que sugiere agrupar las causas grandes factores (ver Tabla 5.):

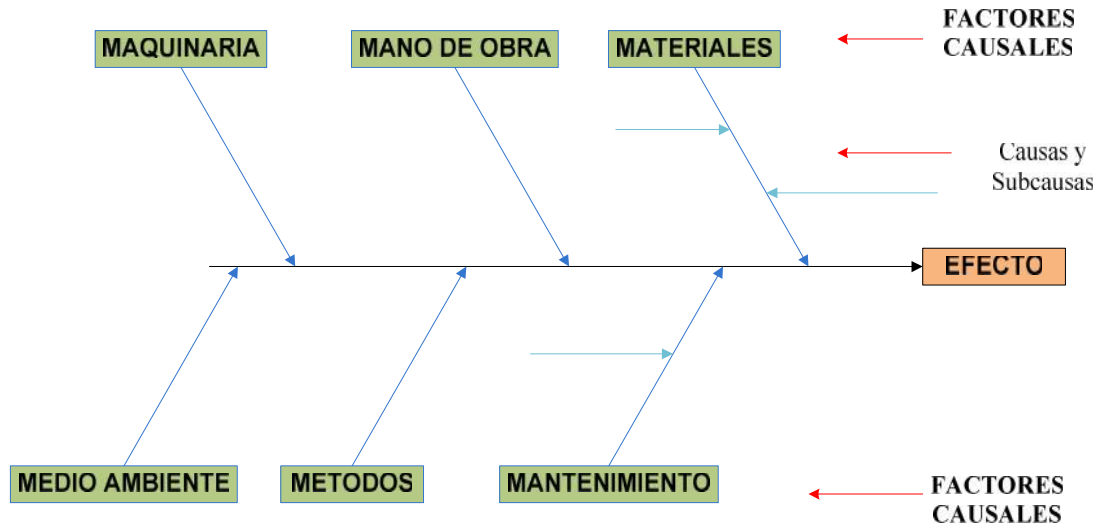
**Tabla 5. Factores generales que pueden originar efecto.**

<b>Líneas Operativas</b>	<b>Áreas Administrativas</b>
<b>Mano de obra</b>	Personal
<b>Método de trabajo</b>	Políticas y procedimientos
<b>Materiales</b>	Proveedores e insumos
<b>Maquinaria y Equipo</b>	Proceso y recursos
<b>Medio Ambiente</b>	Proceso
<b>Mantenimiento</b>	Proceso y recursos

Fuente, Guajardo. (2003). Administración de la Calidad Total. México.

3. Anotar las subcausas si hubiese que contribuyen al efecto analizado

El objetivo de este diagrama es establecer la cadena de causas que conducen al efecto analizado, las cuales permiten llegar a la causa primaria en la que se implementará la solución. En la Figura 15 se muestra el diagrama de Ishikawa.



**Figura 15. Diagrama de Ishikawa**

Fuente: Cuatrecasas. (2010). Gestión Integral de la Calidad: Implementación, control y certificación. Barcelona.

#### b) Brainstorming

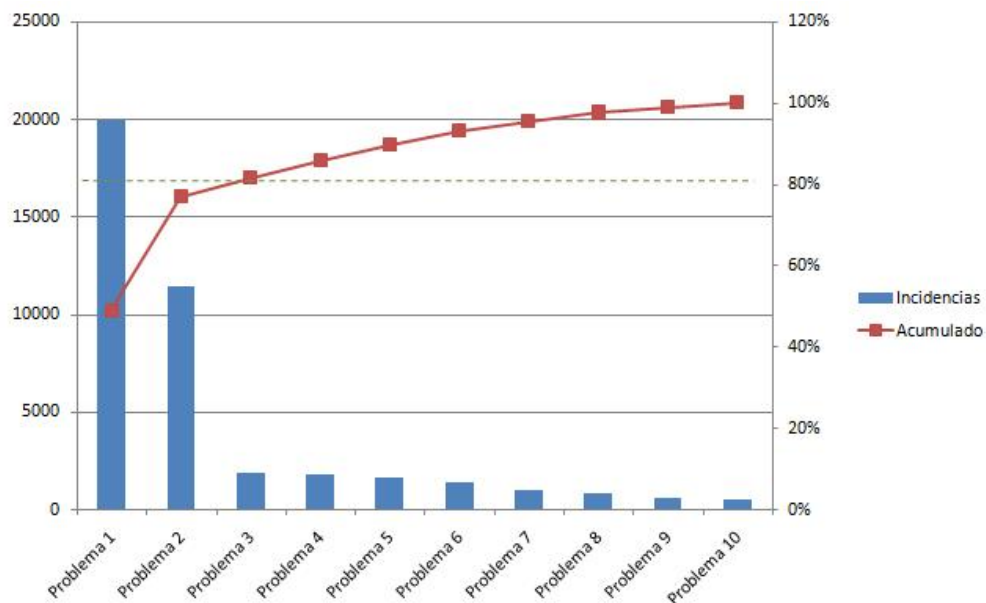
Esta herramienta también es conocida como lluvia de ideas, es una técnica general que puede utilizarse como soporte de muchas herramientas de gestión, y que persigue la generación de ideas por parte de un grupo de personas reunidas a tal efecto. Posteriormente, entre todas las ideas que se hayan recopilado se analizan y seleccionan la más viable. Esta herramienta tiene como objetivo aportar ideas para solucionar problemas, averiguar causas, descubrir obstáculos u obtener mejoras. Para realizar este método es importante apuntar en un lugar visible todas las ideas para favorecer las inspiraciones de nuevas. Una vez recopilada todas las ideas estas

Fuente: Herrera & Fontalvo. (2011). Seis Sigma. Métodos estadísticos y sus aplicaciones. El Salvador

#### d) Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta que ayuda a la toma de decisiones sobre qué causa hay que resolver primero. Según Cuatrecasas (2010) este diagrama consiste en considerar que aproximadamente el 80% de las consecuencias de un problema son debidas a unas pocas e importantes causas.

Para seleccionar la causa más relevante, se ordenan las mismas en orden de mayor a menor incidencia, esto ayuda a decidir la línea de actuación frente al problema que se presenta (ver Figura 16).



**Figura 16. Diagrama de Pareto.**

Fuente: Cuatrecasas. (2010). Gestión Integral de la Calidad: Implementación, control y certificación. Barcelona

Es importante mencionar que el uso continuo de este diagrama permite supervisar y verificar la eficacia de las soluciones tomadas anteriormente.

### **2.3.3. Herramientas para Diagnóstico Situacional.**

#### **a) Análisis económico.**

El análisis económico permite examinar la capacidad de conseguir beneficios, es decir, la rentabilidad de la empresa. La rentabilidad es el aspecto y la medida más importante de la situación económica de la compañía. Otra característica del análisis económico es la ayuda al momento de tomar decisiones, ya que muestra la estructura financiera de la organización y la solución económica más aconsejable. Para el análisis económico se debe tomar en cuenta:

- Recursos Financieros: Que integra la forma de financiación y su costo, así como las posibilidades de conseguirla.
- Análisis Económico-técnico: Que involucra el estudio de la rentabilidad y su riesgo de la dimensión de la empresa y de la consideraciones técnicas de los equipos (costos, duración, entre otros) (López, 2008).

#### **b) Modelo de retorno de la inversión**

Este modelo analiza el retorno de la inversión de programas y soluciones, es decir los beneficios monetarios de la solución a implementarse contra sus costos. Esta medición se realiza mediante la siguiente fórmula (Guerra, 2007).

$$ROI(\%) = \frac{\text{Beneficios Netos del Programa}}{\text{Costos del Programa}} \times 100$$

Esta metodología brinda la credibilidad para la toma de decisiones, al permitir documentar el impacto monetario de la solución a tomar y además permite un cambio en la percepción gerencial tradicional de la situación actual. Existen algunas barreras para la implementación de este método las cuales son (Guerra, 2007):

- Costo y tiempo.
- Falta de recursos.
- Falta de compromiso.

### c) Análisis FODA.

Esta metodología ayuda a analizar el entorno en la organización, integrando aspectos externos e internos, aportando aspectos positivos y negativos a lo que la organización se debe enfrentar. El estudio del entorno general de la organización, da origen a una estructura matricial que lleva el nombre de FODA (Fortaleza, Oportunidad, Debilidad y Amenaza), como se observa en la Tabla 7 (Medina & Alicia, 2010).

**Tabla 7. Matriz FODA.**

	PUNTOS FUERTES	PUNTOS DÉBILES
DE ORIGEN INTERNO	FORTALEZAS	DEBILIDADES
DE ORIGEN EXTERNO	OPORTUNIDADES	AMENAZAS

Fuente: Medina & Alicia. (2010). Como evaluar un proyecto empresarial. Madrid.

Esta matriz permite a la organización implementar estrategias para mejorar su situación actual y dar a conocer sus puntos fuertes y puntos débiles en los cuales trabajar.

d) Diseño experimental.

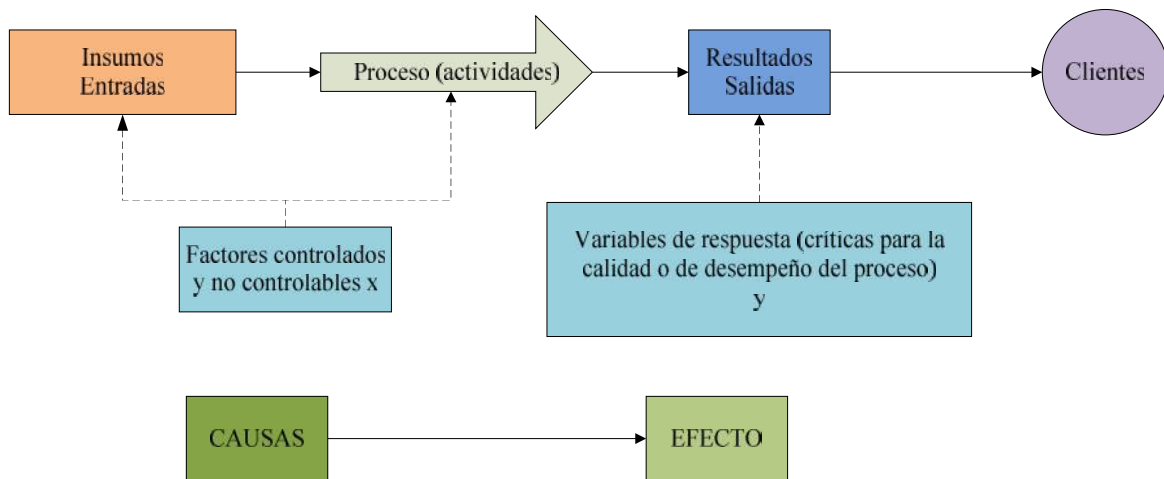
El diseño de experimentos es una herramienta que permite resolver problemas o comprobar ideas acerca de una determinada situación. Según Gutiérrez & De la Vara ( 2012), el diseño experimental estadístico permite al investigador determinar pruebas que, a su vez, deben ser realizadas para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, permitan obtener pautas o concretar mejoras importantes para el proceso. Algunos de los problemas que permite solucionar el diseño de experimentos son:

- Determinar los factores de un proceso que tiene impacto sobre el producto final.
- Reducir el tiempo de ciclos en el proceso.
- Apoyar al diseño o rediseño de procesos.
- Comparar dos o más técnicas con el fin de elegir la mejor.



En la Figura.17, se muestra las variables que se debe tener en cuenta al momento de realizar un diseño experimental:

- Las variables de respuesta: Permiten conocer los efectos de cada prueba experimental.
- Los factores controlables: Pueden ser fijados a un nivel dado.
- Los factores no controlables: No se pueden fijar durante el experimento.
- Los factores estudiados: Son variables que se investigan durante el experimento para determinar si influyen o no en la variable de respuesta.



**Figura 17. Variables de un Diseño Experimental**

Fuente: Gutiérrez & De la Vara. (2012). Análisis y Diseño de Experimentos.

México

Es importante mencionar que esta metodología permite un mejor entendimiento de situaciones complejas de relación causa-efecto.

### 3. DESARROLLO

#### 3.1. Análisis Económico Inicial.

El análisis económico permitió examinar la capacidad de conseguir beneficios, es decir, la rentabilidad de los laboratorios de *Trichoderma*.

Para este análisis se tomaron los costos de producción que se necesitan para realizar un frasco de producto de *Trichoderma*. El análisis económico mensual promedio de la situación inicial (Tabla 8) muestra que el costo de operación actual del laboratorio es de \$1339, la producción mensual es de 80 unidades teniendo un costo unitario de \$16,73.

**Tabla. 8. Análisis Económico situación inicial.**

ANÁLISIS ECONÓMICO		
Costo Total de Operación	1339	U\$D
Costo Unitario/ Unidad Producida	16,73	U\$D/litro
Costo Unitario/ Unidad No Contaminada	334,65	U\$D/litro
Precio de Venta	15	U\$D/litro
Margen Unitario	-319,65	U\$D/litro
Ventas Mensuales Netas	60	U\$D
Utilidad Bruta	-1279	U\$D

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Cabe mencionar que el 72% de las unidades producidas se desechan por contaminación, generando un costo unitario por unidad no contaminada de \$334,65. No existe utilidad bruta en la situación inicial por lo que el laboratorio no puede ser autónomo. A continuación se

presenta el desglose de los costos tomados para el análisis económico inicial, estos son: materia prima (ver Tabla 9), costos indirectos (ver Tabla 10), costos de energía (ver Tabla 11), costo fijos (ver Tabla 12) y mano de obra (ver Tabla 13).

**Tabla. 9. Costos de Materia Prima**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad Requerida /unidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cto unit</b>	<b>Costo EST</b>
<b>Arroz</b>	0,4	kilos	0,53	0,21
<b>Frascos de plástico</b>	1	Unidad	0,02	0,02
<b>Enzima Cosechadora</b>	0,05	litros	21	1,05
<b>Agua destilada</b>	0,2	litros	0,92	0,18
<b>Fundas celulosa</b>	2	unidad	0,08	0,16
<b>Costo Estándar Unitario MPD</b>				<b>1,63</b>
<b>Total Materia Prima (Estándar)</b>				<b>130,08</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 10. Costos Indirectos**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Caminera</b>	32	unidad	0,54	17,28
<b>Agar</b>	1	KG	63,41	63,41
<b>Cajas Petri</b>	1	Unidad	2	2
<b>Alcohol</b>	1	Litros	3	3
<b>Agua Destilada</b>	1	Litros	0,92	0,92
<b>Total Materiales Indirectos</b>				<b>86,61</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 11. Costos de Energía**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Gas</b>	2	Tanques	3	6
<b>Luz Eléctrica</b>	200	KWH	0,08	16
<b>Agua</b>	13	m3	0,31	4,03
<b>Total Energía</b>				<b>26,03</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 12. Costos Fijos**

<b>Tipo</b>	<b>Valor Mensual</b>
<b>Arriendo</b>	350
<b>Depreciación de equipos</b>	87,9
<b>Total</b>	<b>437,94</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

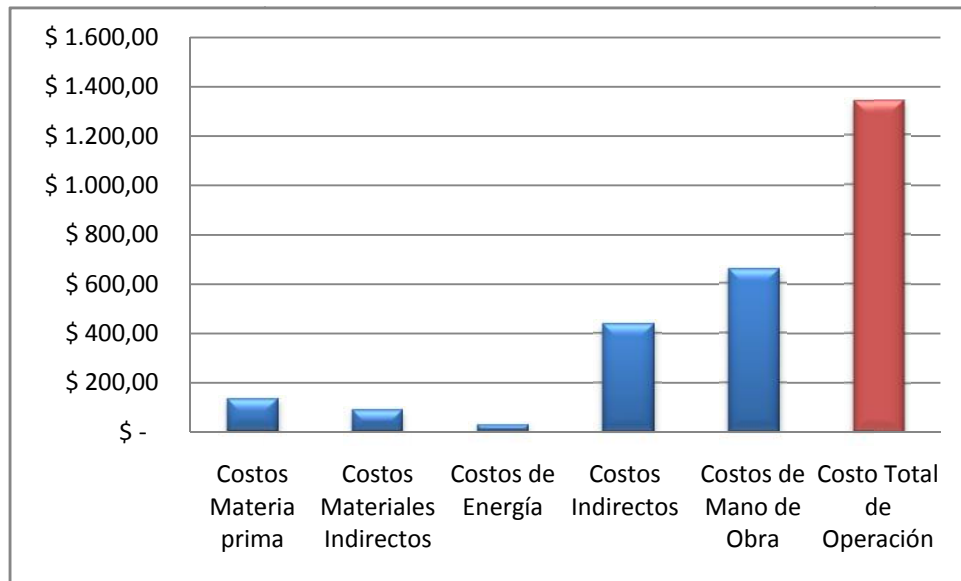
**Tabla. 13. Costos de Mano de Obra**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>MOD</b>	0,75	Laboratorista	683,9	512,925
<b>MOI</b>	0,0769231	Tecnólogo	1885	145
<b>Total</b>				<b>658</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

En la Figura 18, se muestra el resumen de los costos de la situación inicial del Laboratorio dando con un costo total de \$1339 mensual.



**Figura 18. Costos de la Situación Inicial del Laboratorio.**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Para analizar el costo del desperdicio, se resta el precio de la botella y caja Petrí utilizados ya que estas se reutilizan y no se desechan. El costo del desperdicio de la situación inicial se observa en la Tabla 14 en la cual se refleja que el costo del desperdicio es de \$1078,62, es decir, el 80,5% del costo de operación del laboratorio artesanal.

**Tabla 14. Costo del desperdicio de la situación inicial.**

<b>Costo del Desperdicio Mensual *</b>	
<b>Costo total de desperdicio con Botellas y Caja Petri</b>	
Número de unidades contaminadas	76
Costo unitario	16,73
<b>Total</b>	<b>1271,66</b>
<b>Costo total de desperdicio sin Botellas y Caja Petri</b>	
Número de unidades contaminadas	76
Costo unitario vidrio (-)	2,54
<b>Total</b>	<b>193,04</b>
<b>Total de desperdicio</b>	<b>1078,62</b>



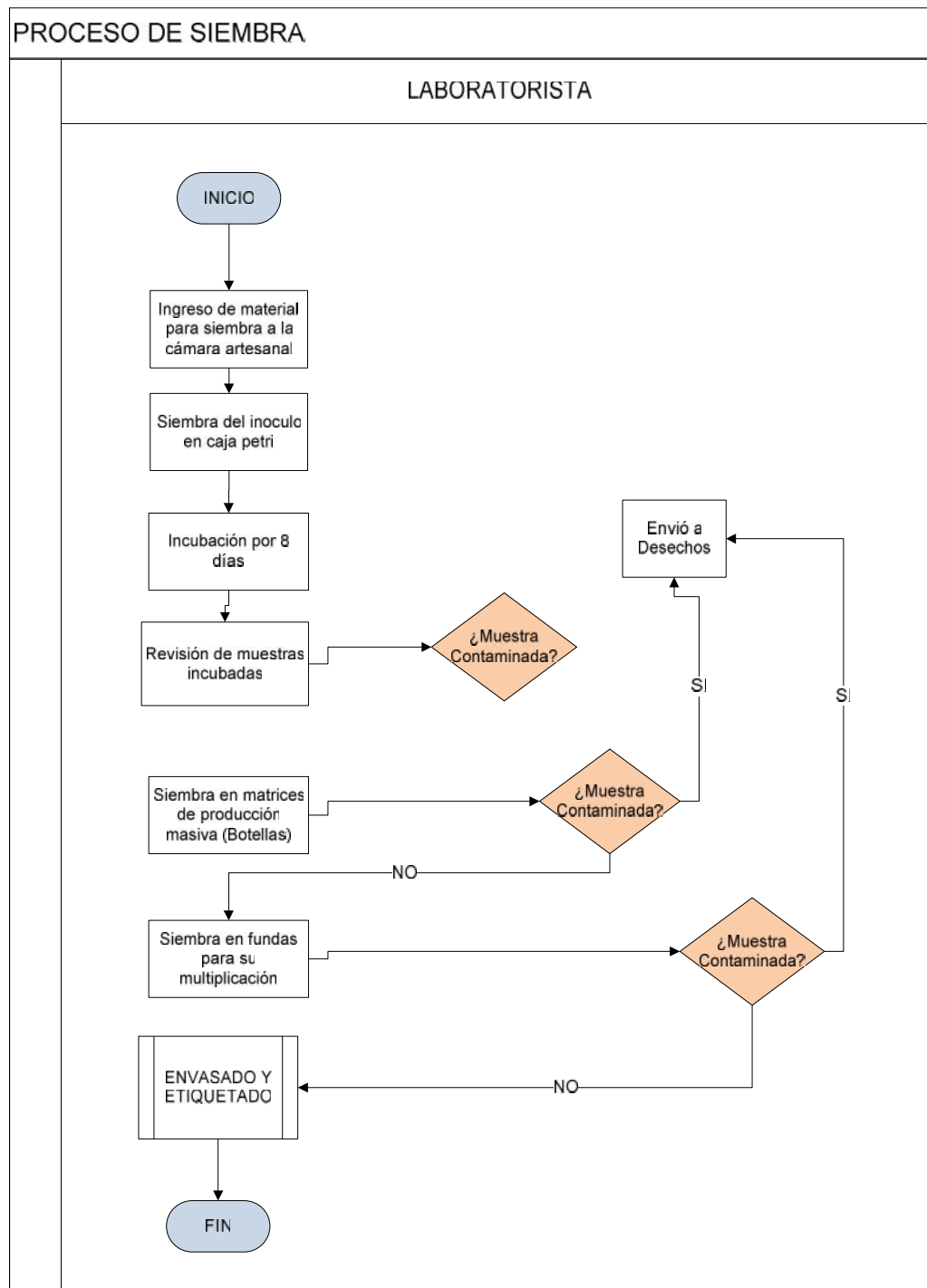
Elaborado: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

\* En el costo de desperdicio se elimina el costo de botellas y caja Petrí por que estas son de vidrio reutilizable.

### 3.2. Levantamiento Inicial del Proceso.

El proceso inicial se presenta en la Figura 19, se observa que el proceso no posee registros del proceso, lo cual no permite tomar acciones preventivas o correctivas. Se identifican tres subprocesos de purificación y multiplicación: la siembra en la caja Petrí, siembra en botellas y finalmente siembra en Fundas. Cabe mencionar que este proceso no continua al proceso de envasado y etiquetado, ya que no se obtiene material inocuo (en alto porcentaje) que permita la elaboración de producto final.



**Figura 19. Diagrama de Procesos de la Situación Inicial del Laboratorio**

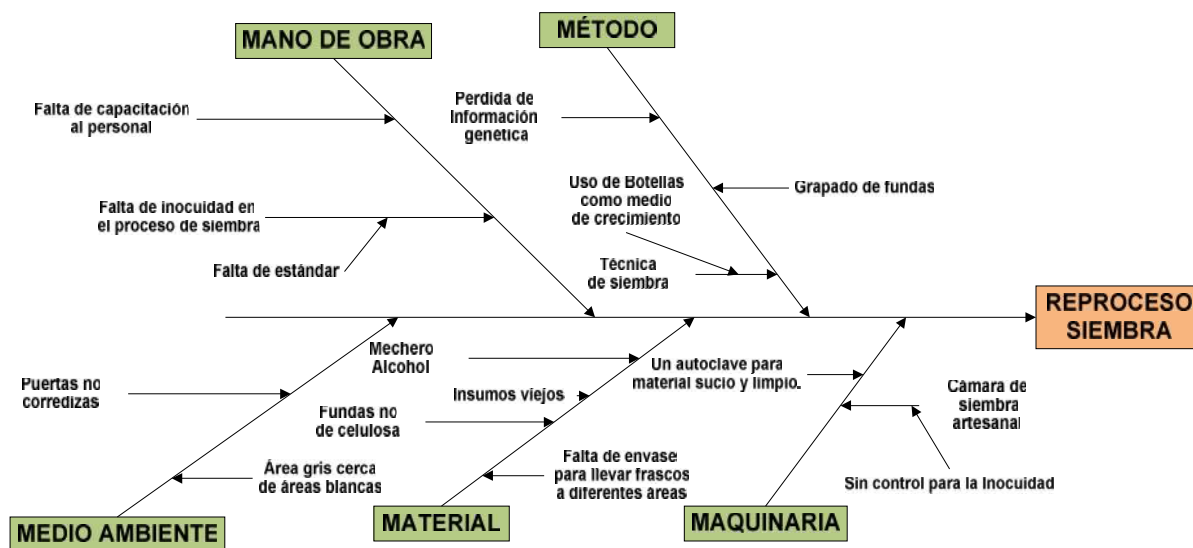
Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

### 3.3. Determinación Causa Raíz y Propuesta de Soluciones.

#### 3.3.1. Diagrama Causa Raíz

Con la ayuda del personal del laboratorio se generó el diagrama de causa-efecto del reproceso de siembra del laboratorio (ver Figura 20).



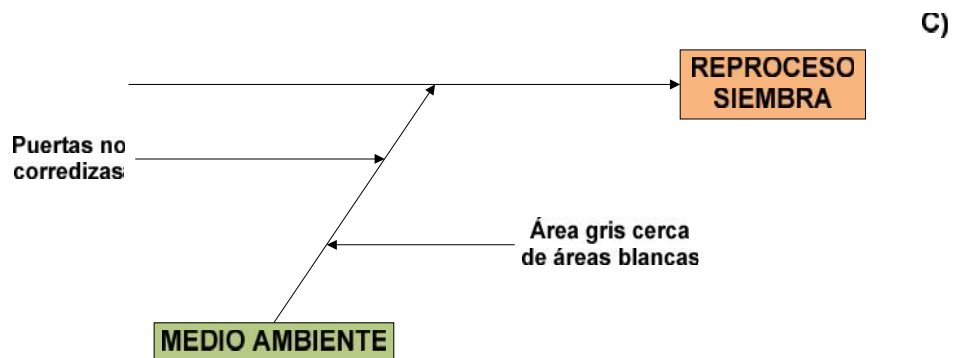
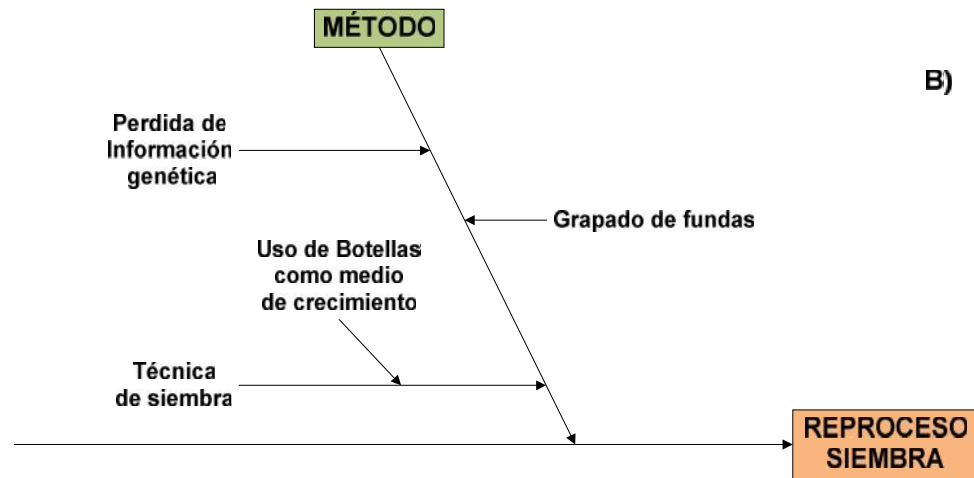
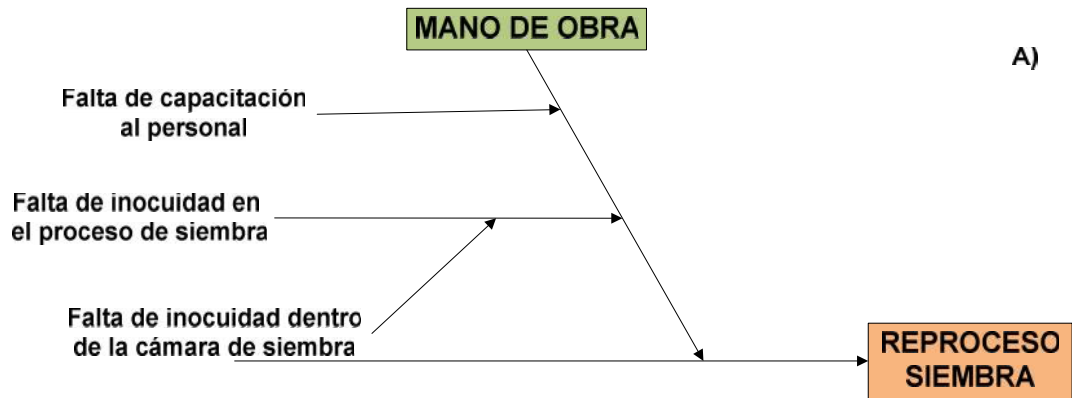
**Figura 20. Diagrama de Ishikawa del Laboratorio Artesanal**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

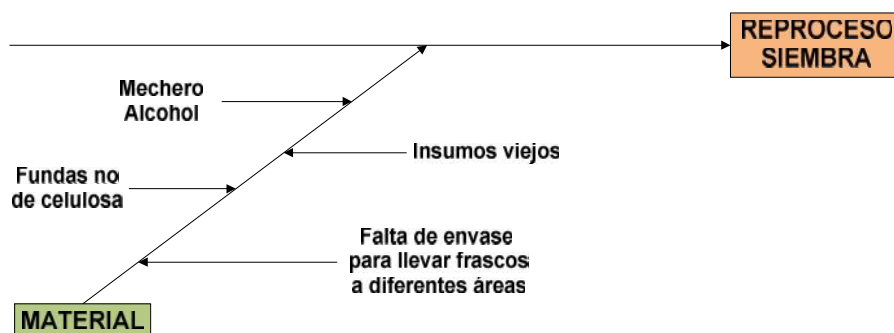
Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

En la Figura 21 se muestran las categorías del Diagrama Ishikawa para mayor detalle.

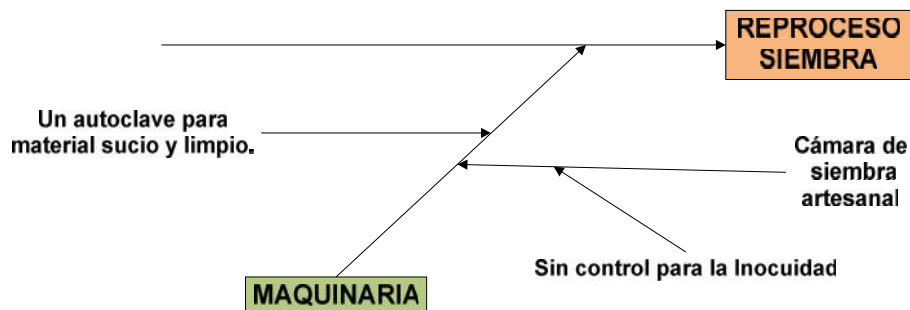




D)



E)



**Figura 21. Diagrama de Ishikawa por categorías del Laboratorio Artesanal**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

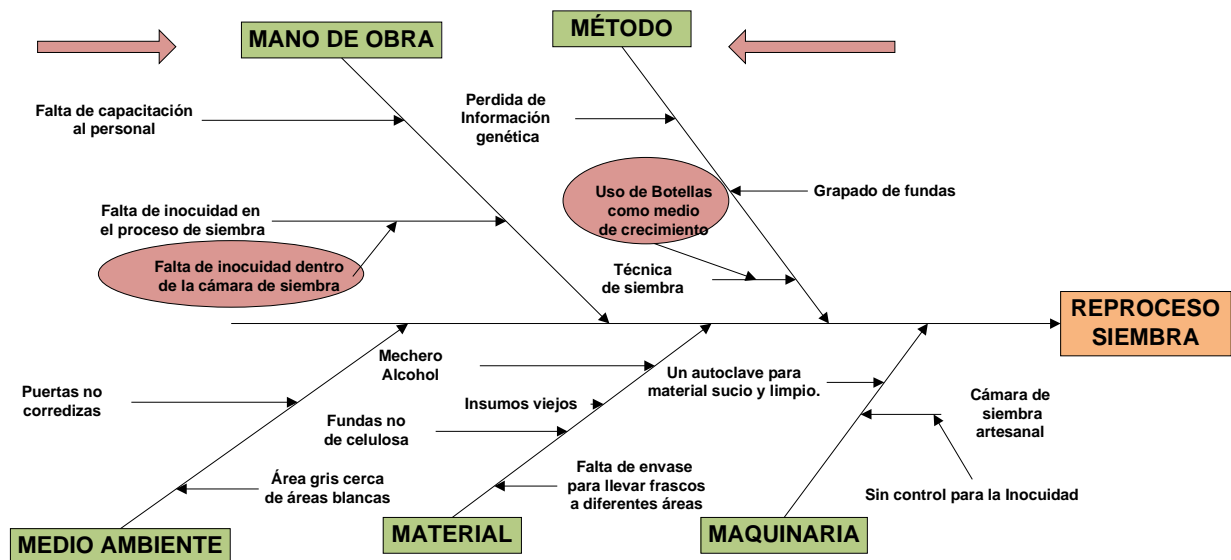
Nota de nomenclatura:

- A) Análisis Causa-Raíz referente a Mano de Obra,
- B) Análisis Causa-Raíz referente a Método,
- C) Análisis Causa-Raíz referente a Medio Ambiente,
- D) Análisis Causa-Raíz referente a Material
- E) Análisis Causa-Raíz referente a Maquinaria

Como se observa en la Figura 20, existen varias propuestas de causas que provocan el reproceso de siembra del laboratorio artesanal. Según la revisión de este diagrama se definió con el equipo de mejora que las causas-raíz principales que provocan el reproceso son:

- El uso de botellas como medio de crecimiento en la técnica de siembra provoca una pérdida de pureza en la cepa provocando que el hongo pierda su potencial reproductivo.
- Falta de inocuidad dentro de la cámara de siembra por parte del operario en el proceso de siembra, provoca un aumento de contaminación
- La falta de control para la inocuidad en la cámara de siembra artesanal, provoca que la muestra a ser sembrada no tenga un adecuado control de inocuidad.

En la Figura 22, se muestra con color rojo las causas que se tomaron en cuenta para el mejoramiento del proceso del área de siembra.



**Figura 22. Diagrama de Ishikawa del Laboratorio Artesanal**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

### 3.3.2. Propuesta de Soluciones

Como se observó anteriormente el porcentaje de contaminación en el Laboratorio Artesanal de Ambato es del 72% de muestras producidas, lo cual no permite llegar a los niveles adecuados de productividad para el mantenimiento económico del laboratorio.

Es por ello, que la mejora se debe realizar en el subproceso de siembra del Laboratorio, para lo cual se recomiendan dos alternativas (ver Tabla 15).

**Tabla 15. Propuesta de Soluciones**

<b>CORTO PLAZO</b>	<b>CAUSA</b>	<b>SOLUCIÓN</b>
	Técnica no adecuada de siembra	Eliminación de botellas en las matrices de reproducción
	Falta de inocuidad en el proceso de siembra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de la cámara de siembra con alcohol al 70%</li> <li>• Limpieza de instrumentos con alcohol al 100%</li> <li>• Flameado de instrumentos de metal en el mechero cada vez que se utilice.</li> <li>• Todo instrumento que ingrese a la cámara debe ser desinfectado con alcohol.</li> <li>• Limpieza de manos del operario y cortadas las uñas.</li> <li>• Desinfección de manos del operario con alcohol al 70% cada vez que ingresen a la cámara de siembra.</li> </ul>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Continuación Tabla 15. Propuesta de Soluciones

	CAUSA	SOLUCIÓN
<b>LARGO PLAZO</b>	Cámara de siembra artesanal	Compra de cámaras de flujo laminar y equipos de aeración

### 3.4. Análisis técnico- económico de Soluciones.

#### 3.4.1. Análisis Técnico

Para el análisis técnico se realizó un diseño factorial 2x2 para determinar la diferencia significativa en las propuestas de eliminar botellas y aumentar la limpieza en el área de siembra o si existe significancia en su interacción.

En la Figura 23, se presenta el Diseño experimental utilizado. Las variables de entrada son la limpieza y el uso de botellas. La variable de salida es la reducción de reproceso. Se hicieron 44 repeticiones, en cada repetición se analizó la proporción de muestras contaminadas. Mediante el arreglo factorial de dos factores con dos niveles se obtuvieron cuatro tratamientos. Los tratamientos resultantes se presentan en la Tabla 16 y Tabla 17.

**Tabla 16. Tratamientos resultantes del diseño factorial**

FACTORES		Limpieza	
Botellas	NIVELES	SIN	CON
	SIN	Sin Limpieza	Con Limpieza Sin
		Sin Botellas	Botellas
	CON	Sin Limpieza	Con Limpieza
		Con Botellas	Con Botellas

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

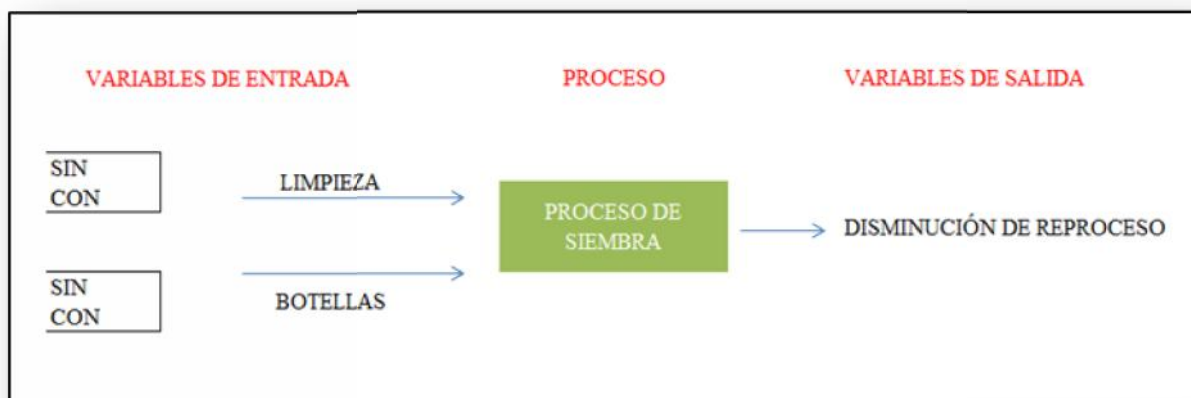
**Tabla 17. Tratamientos resultantes del diseño factorial**

TRATAMIENTO	PRODUCTO
<b>T1</b>	Sin Limpieza Con Botellas
<b>T2</b>	Con Limpieza Sin Botellas
<b>T3</b>	Sin Limpieza Sin Botellas
<b>T4</b>	Con Limpieza Con Botellas

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

El diseño factorial para el estudio se indica en la Figura 22.



**Figura 23. Diseño experimental para la disminución del reproceso o desecho.**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Las características experimentales se presentan en la Tabla. 18.

**Tabla 18. Características del área experimental**

CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES	VALORES
No. Factores	2
No. Niveles	A=2 <sup>*</sup> B=2 <sup>*</sup>
No. Tratamientos	4
No. Replicas	44
No. Total de pruebas	176
N	176

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

\* A= Limpieza, B=Botellas

Los valores tomados para los tratamientos se presentan a continuación:

**Tratamiento con botellas y sin limpieza:** En la Tabla 19 se presenta los datos del tratamiento inicial que es con botellas y sin limpieza.

**Tabla 19. Tabla de datos del tratamiento Con Botellas y Sin Limpieza**

Nro. REPETICIONES	Nro. MUESTRAS SEMBRADAS	Nro. MUESTRAS CONTAMINADAS	PROPORCIÓN
1	5	5	1,000
2	5	5	1,000
3	5	5	1,000
4	5	5	1,000
5	5	5	1,000
6	4	3	0,750
7	4	2	0,500
8	4	1	0,250
9	4	2	0,500
10	4	2	0,500
11	4	2	0,500
12	4	3	0,750
13	6	1	0,167
14	6	1	0,167
15	6	1	0,167
16	6	2	0,333
17	10	10	1,000
18	10	10	1,000
19	4	4	1,000
20	4	4	1,000
21	4	1	0,250
22	4	0	0,000
23	4	1	0,250
24	4	2	0,500
25	5	3	0,600

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.



Continuación **Tabla 19. Tabla de datos del tratamiento Con Botellas y Sin Limpieza**

<b>Nro. REPETICIONES</b>	<b>Nro. MUESTRAS SEMBRADAS</b>	<b>Nro. MUESTRAS CONTAMINADAS</b>	<b>PROPORCIÓN</b>
<b>26</b>	5	5	1,000
<b>27</b>	5	2	0,400
<b>28</b>	5	3	0,600
<b>29</b>	7	3	0,429
<b>30</b>	6	3	0,500
<b>31</b>	4	2	0,500
<b>32</b>	4	3	0,750
<b>33</b>	5	5	1,000
<b>34</b>	5	5	1,000
<b>35</b>	6	6	1,000
<b>36</b>	5	5	1,000
<b>37</b>	4	4	1,000
<b>38</b>	4	4	1,000
<b>39</b>	4	4	1,000
<b>40</b>	4	4	1,000
<b>41</b>	5	5	1,000
<b>42</b>	5	5	1,000
<b>43</b>	5	5	1,000
<b>44</b>	5	5	1,000
<b>Total</b>	<b>219</b>	<b>158</b>	<b>31,36</b>

En la Figura 24 se presentan los resultados de este tratamiento; se observa un 72% de muestras contaminadas y solo un 28% muestras no contaminadas.



**Figura 24. Tratamiento con Botellas y sin Limpieza..**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tratamiento sin botellas y con limpieza:** En la Tabla 20 se presenta los datos del tratamiento sin botellas y con limpieza.

**Tabla 20. Tabla de datos del tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza**

Nro. REPETICIONES	Nro. MUESTRAS SEMBRADAS	Nro. MUESTRAS CONTAMINADAS	PROPORCIÓN
1	5	0	0
2	4	0	0,00
3	5	0	0,00
4	5	2	0,40
5	4	0	0,00
6	4	0	0,00
7	4	0	0,00
8	4	0	0,00
9	2	2	1,00

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Continuación Tabla 20. Tabla de datos del tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza

Nro. REPETICIONES	Nro. MUESTRAS SEMBRADAS	Nro. MUESTRAS CONTAMINADAS	PROPORCIÓN
10	2	0	0,00
11	2	0	0,00
12	1	1	1,00
13	2	1	0,50
14	2	1	0,50
15	2	1	0,50
16	2	1	0,50
17	1	0	0,00
18	1	0	0,00
19	1	0	0,00
20	1	0	0,00
21	4	1	0,25
22	5	2	0,40
23	5	0	0,00
24	5	3	0,60
25	4	0	0,00
26	4	2	0,50
27	4	1	0,25
28	4	0	0,00
29	4	2	0,50
30	4	2	0,50
31	4	3	0,75
32	4	0	0,00
33	3	2	0,67
34	3	2	0,67
35	3	1	0,33
36	3	2	0,67
37	4	2	0,50
38	4	1	0,25
39	4	4	1,00
40	4	2	0,50
41	4	2	0,50
42	4	3	0,75
43	4	3	0,75
44	4	4	1,00
<b>Total</b>	<b>149</b>	<b>53</b>	<b>15,73</b>

En la Figura 25 se presentan los resultados de este tratamiento; se observa un 36% de muestras contaminadas y solo un 64% muestras no contaminadas.



**Figura 25. Tratamiento sin Botellas y con Limpieza..**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tratamiento sin botellas y sin limpieza:** En la Tabla 21 se presenta los datos del tratamiento sin botellas y sin limpieza.

**Tabla 21. Tabla de datos del tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza**

Nro. REPETICIONES	Nro. MUESTRAS SEMBRADAS	Nro. MUESTRAS CONTAMINADAS	PROPORCIÓN
1	4	4	0,00
2	5	3	0,00
3	5	3	0,40
4	4	4	0,00
5	5	2	0,60
6	4	3	0,25
7	10	7	0,30

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Continuación **Tabla 21. Tabla de datos del tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza**

<b>Nro. REPETICIONES</b>	<b>Nro. MUESTRAS SEMBRADAS</b>	<b>Nro. MUESTRAS CONTAMINADAS</b>	<b>PROPORCIÓN</b>
8	4	3	0,25
9	4	2	0,50
10	4	3	0,25
11	4	2	0,50
12	3	3	0,00
13	6	3	0,50
14	6	4	0,33
15	5	4	0,20
16	6	3	0,50
17	6	5	0,17
18	12	6	0,50
19	4	4	0,00
20	3	3	0,00
21	4	1	0,75
22	6	4	0,33
23	4	1	0,75
24	4	2	0,50
25	8	3	0,63
26	5	5	0,00
27	3	2	0,33
28	5	4	0,20
29	5	4	0,20
30	6	3	0,50
31	13	4	0,69
32	5	3	0,40
33	9	6	0,33
34	5	4	0,20
35	6	6	0,00
36	4	2	0,50
37	5	3	0,40
38	4	3	0,25
39	5	5	0,00
40	4	3	0,25
41	10	7	0,30
42	5	5	0,00
43	10	3	0,70
44	5	4	0,20
<b>Total</b>	<b>244</b>	<b>158</b>	<b>13,66</b>

En la Figura 26 se presentan los resultados de este tratamiento; se observa un 65% de muestras contaminadas y solo un 35% muestras no contaminadas.



**Figura 26. Tratamiento sin Botellas y sin Limpieza..**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tratamiento con botellas y con limpieza:** En la Tabla 22 se presenta los datos del tratamiento con botellas y con limpieza.

**Tabla 22. Tabla de datos del tratamiento Con Botellas y Con Limpieza**

Nro. REPETICIONES	Nro. MUESTRAS SEMBRADAS	Nro. MUESTRAS CONTAMINADAS	PROPORCIÓN
1	5	4	0,8
2	6	5	0,83
3	5	3	0,60
4	4	2	0,50
5	4	3	0,75
6	4	2	0,50
7	5	4	0,80

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Continuación **Tabla 22. Tabla de datos del tratamiento Con Botellas y Con Limpieza.**

<b>Nro. REPETICIONES</b>	<b>Nro. MUESTRAS SEMBRADAS</b>	<b>Nro. MUESTRAS CONTAMINADAS</b>	<b>PROPORCIÓN</b>
8	4	3	0,75
9	2	2	1,00
10	3	3	1,00
11	2	2	1,00
12	2	1	0,50
13	3	2	0,67
14	2	1	0,50
15	2	1	0,50
16	3	1	0,33
17	1	0	0,00
18	1	0	0,00
19	2	2	1,00
20	1	0	0,00
21	4	1	0,25
22	5	2	0,40
23	4	3	0,75
24	5	3	0,60
25	4	3	0,75
26	4	2	0,50
27	4	1	0,25
28	5	3	0,60
29	4	2	0,50
30	4	2	0,50
31	5	3	0,60
32	4	2	0,50
33	3	2	0,67
34	3	2	0,67
35	3	1	0,33
36	3	2	0,67
37	4	2	0,50
38	4	3	0,75
39	4	4	1,00
40	3	2	0,67
41	4	2	0,50
42	4	3	0,75
43	4	3	0,75
44	5	4	0,80
<b>Total</b>	<b>157</b>	<b>98</b>	<b>26,28</b>

En la Figura 27 se presentan los resultados de este tratamiento; se observa un 62% de muestras contaminadas y solo un 38% muestras no contaminadas.



**Figura 27. Tratamiento con Botellas y con Limpieza..**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Los resultados de los tratamientos del diseño se indican en la Tabla. 23, donde se muestra la proporción de muestras contaminadas.

**Tabla 23. Datos obtenidos del diseño experimental para el análisis de ANOVA**

FACTOR BOTELLA			
NIVEL	Pruebas	Suma	Promedios
SIN	88	29,40	0,33
CON	88	57,65	0,66
Suma	176	87,05	



FACTOR LIMPIEZA			
NIVEL	Pruebas	Suma	Promedios
SIN	88	45,03	0,51
CON	88	42,02	0,48
Suma	176	87,05	

ITERACIÓN BOTELLA-LIMPIEZA			
BOTELLAS	LIMPIEZA		
	SUMAS	SIN	CON
	SIN	13,67	15,73
	CON	31,36	26,28

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

El análisis de ANOVA de los tratamientos que se muestra en la Tabla 24, reveló que la variable botellas es significativo con el 95% de confianza, siendo el tratamiento sin botellas el que menos proporción de muestras contaminadas obtuvo.

**Tabla 24. ANOVA del diseño experimental**

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>Fo</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Limpieza</b>	0,05	1	0,05	0,62	0,43
<b>Botella</b>	4,53	1	4,53	54,07	0,00
<b>Interacción</b>	0,29	1	0,29	3,46	0,06
<b>Error</b>	14,42	172	0,08		
<b>Total</b>	19,29	175			

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Según este análisis, el factor Botellas es el más significativo técnicamente, sin embargo, se realizó un análisis económico, que se muestra a continuación, que permitirá decidir por la solución técnico-económico apropiada para la disminución de reprocesos en el área de siembra del laboratorio artesanal de *Trichoderma*.

### 3.4.2 Análisis Económico

Se realizó un análisis económico de los tratamientos como se muestra en la Tabla 25, aquí se observa que el tratamiento SIN BOTELLA Y SIN LIMPIEZA tiene en el costo de operación y costo unitario menor valor que en todos los tratamientos, pero al analizar el costo unitario por unidad no contaminada el tratamiento SIN BOTELLAS Y CON LIMPIEZA es el de menor valor, siendo este el que mayor ventas mensuales netas presenta.

**Tabla 25. Análisis económico de los tratamientos.**

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO</b>					
	<b>CON B SIN L (S<sub>0</sub>) *</b>	<b>CON B CON L</b>	<b>SIN B SIN L</b>	<b>SIN B CON L</b>	<b>Unidad</b>
<b>Costo Total de Operación</b>	1338,59	1342,91	1128,45	1226,46	USD
<b>Costo Unitario/ Unidad Producida</b>	16,73	16,79	14,11	15,33	USD/litro
<b>Costo Unitario/ Unidad No Contaminada</b>	334,65	67,15	39,18	23,59	USD/litro
<b>Precio de Venta</b>	15	15	15	15	USD/litro
<b>Margen Unitario</b>	-319,65	-52,15	-24,18	-8,59	USD/litro
<b>Ventas Mensuales Netas</b>	60	300	432	780	USD
<b>Utilidad Bruta antes de Imp.</b>	-1278,59	-1042,91	-696,45	-446,46	USD

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

\*(S<sub>0</sub>) es Situación inicial

A continuación se presenta el desglose de los costos tomados para el análisis económico de los tratamientos. Cabe mencionar que los costos del tratamiento Con Botella y Sin Limpieza se presentó anteriormente en el análisis económico inicial.

Tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza: El desglose de los costos para el análisis económico son: materia prima (ver Tabla 26), costos indirectos (ver Tabla 27), costos de energía (ver Tabla 28), costo fijos (ver Tabla 29) y mano de obra (ver Tabla 30).

**Tabla. 26. Costos de Materia Prima (Tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad Requerida /unidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cto unit</b>	<b>Costo EST</b>
<b>Arroz</b>	0,4	kilos	0,53	0,21
<b>Frascos de plástico</b>	1	Unidad	0,02	0,02
<b>Enzima</b>	0,05	litros	21	1,05
<b>Cosechadora</b>	0,2	litros	0,92	0,18
<b>Agua destilada</b>	1	unidad	0,08	0,08
<b>Fundas celulosa</b>				
<b>Costo Estándar Unitario MPD</b>				<b>1,55</b>
<b>Total Materia Prima (Estándar)</b>				<b>123,68</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 27. Costos Indirectos (Tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Agar</b>	1	KG	63,41	63,41
<b>Cajas Petri</b>	1	Unidad	2	2
<b>Alcohol</b>	1	Litros	3	3
<b>Cloro</b>	1	Litro	2,5	2,5
<b>Agua Destilada</b>	3	Litros	0,92	2,76
<b>Total Materiales Indirectos</b>				<b>73,67</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 28. Costos de Energía (Tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Gas</b>	1	Tanques	3	3
<b>Luz Eléctrica</b>	150	KWH	0,08	12
<b>Agua</b>	12	m3	0,31	3,72
<b>Total Energía</b>				<b>18,72</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 29. Costos Fijos (Tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Valor Mensual</b>
<b>Arriendo</b>	350
<b>Depreciación de equipos</b>	87,9
<b>Total</b>	<b>437,94</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

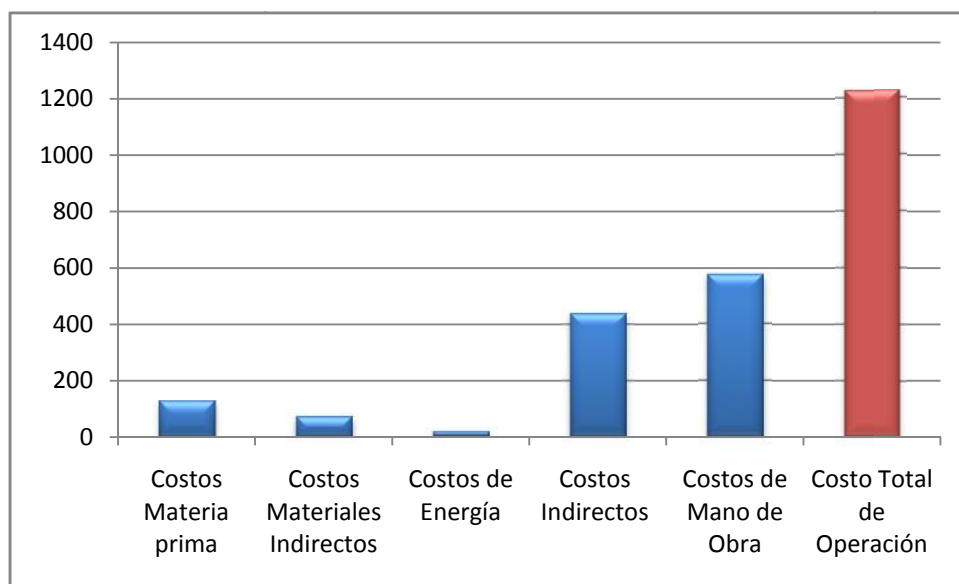
**Tabla. 30. Costos de Mano de Obra (Tratamiento Sin Botellas y Con Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>MOD</b>	0,625	Laboratorista	683,9	427,4375
<b>MOI</b>	0,076	Tecnólogo	1885	145
<b>Total</b>				<b>572</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

En la Figura 28, se muestra el resumen de los costos del tratamiento sin botellas y con limpieza, resultando un costo total de \$1226 mensual.



**Figura 28. Costos del Tratamiento sin Botella y con Limpieza**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza: El desglose de los costos para el análisis económico son: materia prima (ver Tabla 31), costos indirectos (ver Tabla 32), costos de energía (ver Tabla 33), costo fijos (ver Tabla 34) y mano de obra (ver Tabla 35).

**Tabla. 31. Costos de Materia Prima (Tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad Requerida /unidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cto unit</b>	<b>Costo EST</b>
<b>Arroz</b>	0,2	kilos	0,53	0,11
<b>Frascos de plástico</b>	1	Unidad	0,02	0,02
<b>Enzima</b>	0,05	litros	21	1,05
<b>Cosechadora</b>	0,2	litros	0,92	0,18
<b>Agua destilada</b>	1	unidad	0,08	0,08
<b>Fundas celulosa</b>				
		<b>Costo Estándar Unitario MPD</b>		<b>1,44</b>
		<b>Total Materia Prima (Estándar)</b>		<b>115,2</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 32. Costos Indirectos (Tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Agar</b>	1	KG	63,41	63,41
<b>Cajas Petri</b>	1	Unidad	2	2
<b>Alcohol</b>	1	Litros	3	3
<b>Agua Destilada</b>	2	Litros	0,92	1,84
		<b>Total Materiales Indirectos</b>		<b>70,25</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 33. Costos de Energía (Tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Gas</b>	1	tanques	3	3
<b>Luz Eléctrica</b>	150	KWH	0,08	12
<b>Agua</b>	10	m3	0,31	3,1
<b>Total Energía</b>				<b>18,1</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 34. Costos Fijos (Tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Valor Mensual</b>
<b>Arriendo</b>	350
<b>Depreciación de equipos</b>	87,9
<b>Total</b>	<b>437,94</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 35. Costos de Mano de Obra (Tratamiento Sin Botellas y Sin Limpieza)**

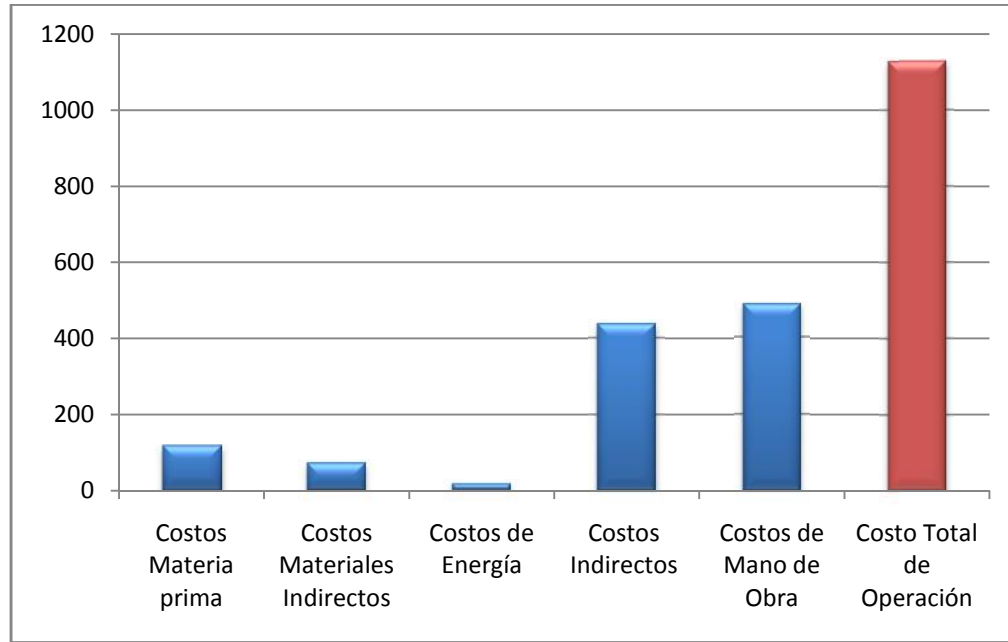
<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>MOD</b>	0,5	Laboratorista	683,9	341,95
<b>MOI</b>	0,076	Tecnólogo	1885	145
<b>Total</b>				<b>487</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.



En la Figura 29, se muestra el resumen de los costos del tratamiento sin botellas y sin limpieza, resultando un costo total de \$1128 mensual.



**Figura 29. Costos del Tratamiento sin Botella y sin Limpieza**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Tratamiento Con Botellas y Con Limpieza: El desglose de los costos para el análisis económico son: materia prima (ver Tabla 36), costos indirectos (ver Tabla 37), costos de energía (ver Tabla 38), costo fijos (ver Tabla 39) y mano de obra (ver Tabla 40).

**Tabla. 36. Costos de Mano de Obra (Tratamiento Con Botellas y Con Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad Requerida /unidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cto unit</b>	<b>Costo EST</b>
<b>Arroz</b>	0,4	kilos	0,53	0,21
<b>Frascos de plástico</b>	1	Unidad	0,02	0,02
<b>Enzima</b>	0,05	litros	21	1,05
<b>Cosechadora</b>				
<b>Agua destilada</b>	0,2	litros	0,92	0,18
<b>Fundas celulosa</b>	1	unidad	0,08	0,08
<b>Costo Estándar Unitario MPD</b>				<b>1,55</b>
<b>Total Materia Prima (Estándar)</b>				<b>123,68</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 37. Costos Indirectos (Tratamiento Con Botellas y Con Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Caminera</b>	32	unidad	0,54	17,28
<b>Agar</b>	1	KG	63,41	63,41
<b>Cajas Petri</b>	1	Unidad	2	2
<b>Alcohol</b>	2	Litros	3	6
<b>Cloro</b>	1	Litro	2,5	2,5
<b>Agua Destilada</b>	6	Litros	0,92	5,52
<b>Total Materiales Indirectos</b>				<b>96,71</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 38. Costos de Energía (Tratamiento Con Botellas y Con Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Gas</b>	2	Tanques	3	6
<b>Luz Eléctrica</b>	200	KWH	0,08	16
<b>Agua</b>	15	m3	0,31	4,65
<b>Total Energía</b>				<b>26,65</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

**Tabla. 39. Costos Fijos (Tratamiento Con Botellas y Con Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Valor Mensual</b>
<b>Arriendo</b>	350
<b>Depreciación de equipos</b>	87,9
<b>Total</b>	<b>437,95</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

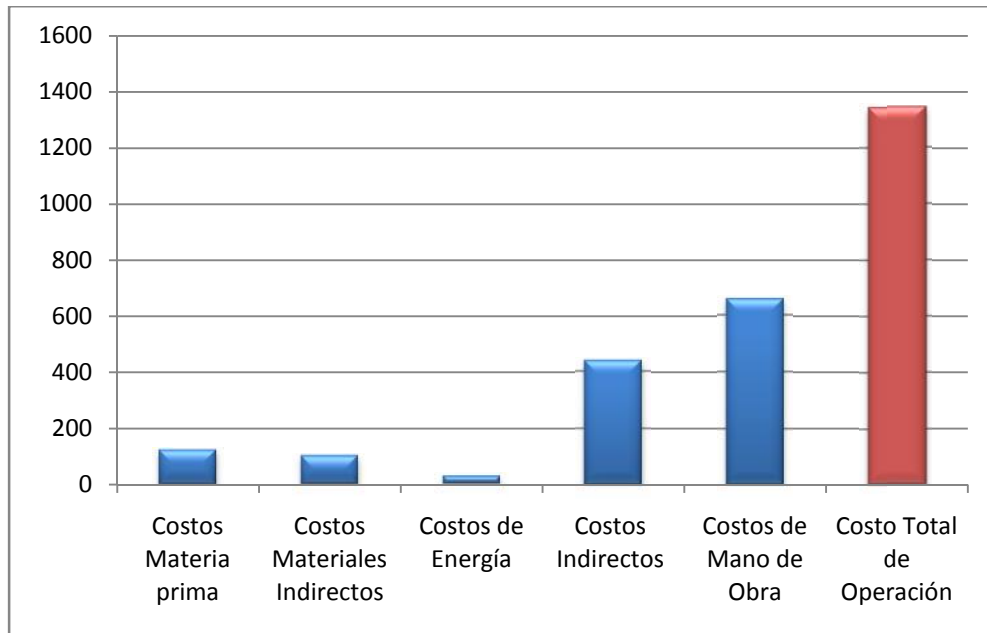
**Tabla. 40. Costos de Mano de Obra (Tratamiento Con Botellas y Con Limpieza)**

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cto Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>MOD</b>	0,75	Laboratorista	683,9	512,925
<b>MOI</b>	0,07692308	Tecnólogo	1885	145
<b>Total</b>				<b>658</b>

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

En la Figura 30, se muestra el resumen de los costos del tratamiento con botellas y con limpieza, resultando un costo total de \$1343 mensual.

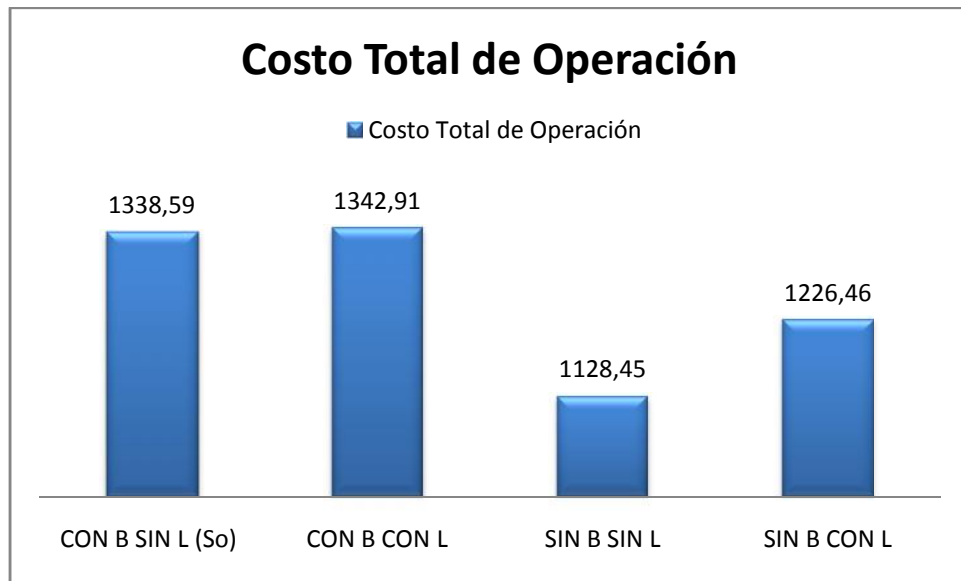


**Figura 30. Costos del Tratamiento con Botella y con Limpieza**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

En la Figura 31, se presenta un cuadro comparativo de los costos de los tratamientos; se observa que los tratamientos sin botella son los más bajos, y de ellos, el tratamiento Sin Botella y Sin Limpieza es el más bajo con 1128,45 dólares americanos.



**Figura 31. Costos Total de Operación de los Cuatro Tratamientos**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Al momento de analizar el costo del desperdicio (Tabla 41) se observa que en la situación inicial (con botellas y sin limpieza) se gastan \$1078,62 en el desperdicio y que con la solución propuesta de eliminar botellas y aumentar limpieza, el costo del desperdicio disminuye a \$373,26, reduciendo el reproceso a un 65%.

**Tabla 41. Costos del desperdicio o reproceso.**

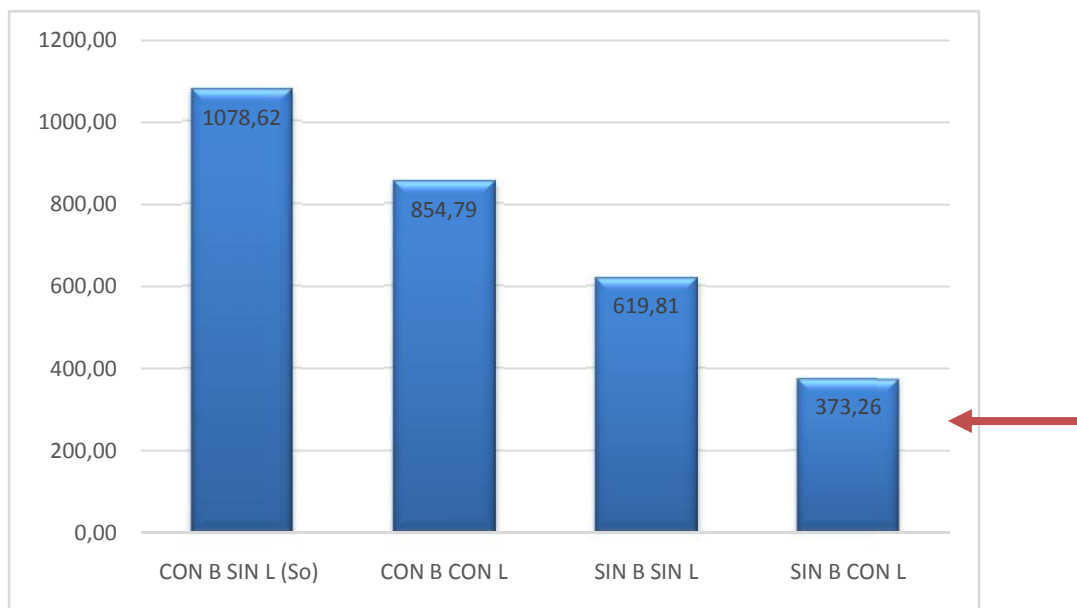
<b>Costo del desperdicio</b>				
	<b>CON B SIN L (S<sub>0</sub>)*</b>	<b>CON B CON L</b>	<b>SIN B SIN L</b>	<b>SIN B CON L</b>
<b>Costo total de desperdicio con Botellas y Caja Petri</b>				
<b>Número de unidades contaminadas</b>	76	60	51	28
<b>Costo unitario</b>	16,73	16,79	14,11	15,33
<b>Total</b>	1271,66	1007,19	722,21	429,26
<b>Costo total de desperdicio sin Botellas y Caja Petri</b>				
<b>Número de unidades contaminadas</b>	76	60	51	28
<b>Costo unitario vidrio (-)</b>	2,54	2,54	2,00	2,00
<b>Total</b>	193,04	152,40	102,40	56,00
<b>Total de desperdicio</b>	1078,62	854,79	619,81	373,26

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

\*(S<sub>0</sub>) es Situación inicial

En la Figura 32 se observa el costo del reproceso de los cuatro tratamientos. Los tratamientos sin botellas son los que menor costo de desperdicio presentan, siendo el tratamiento sin botellas y con limpieza el tratamiento con más bajo costo con 373.26 dólares americanos.



**Figura 32. Costo del desperdicio de los tratamientos.**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

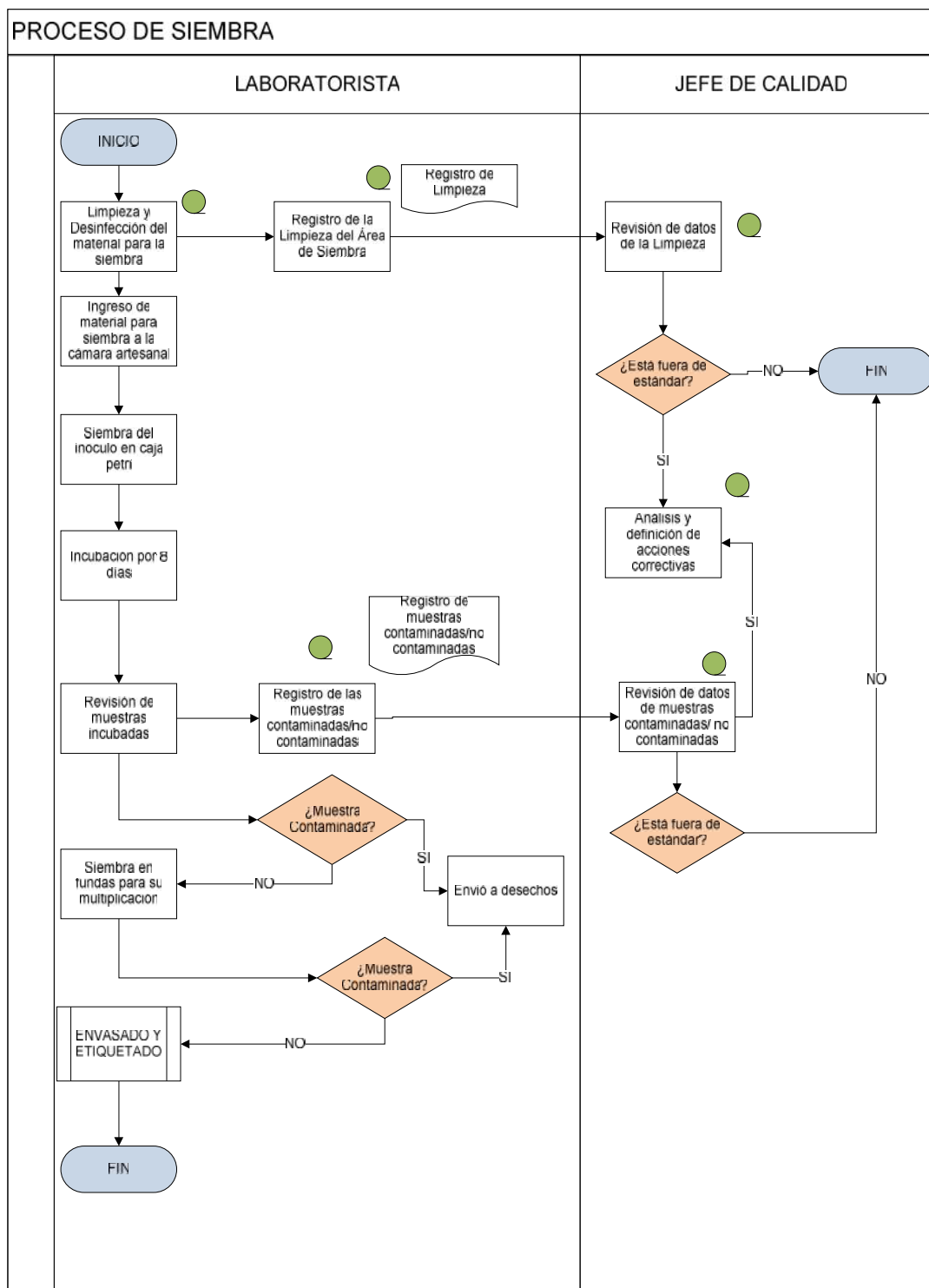
Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

\*(S<sub>0</sub>) es Situación inicial

Considerando el análisis económico, el equipo de mejora decidió que la mejor solución para ser implementada es el tratamiento Sin Botellas y con Limpieza.

### 3.5. Implementación y Seguimiento de Soluciones.

Después del análisis técnico-económico, se implementó la solución de eliminar las botellas y aumentar la limpieza en el proceso de siembra. Para dar cumplimiento a la solución propuesta se generaron nuevos procesos como se presenta en la Figura 33.



**Figura 33. Diagrama de Procesos Implementado en el Laboratorio**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.



Los círculos verdes que se muestran en la Figura 33 son los procesos que se implementaron en el proceso de producción de los hongos *Trichoderma*. Adicionalmente el Jefe de Calidad mantiene registros para la toma de decisiones oportunas para que el proceso se mantenga estandarizado.

Los registros implementados son:

- Registro de auditorías de limpieza (Anexo 2).
- Registro de muestras contaminadas (Anexo 3).
- Registro de Reuniones mensuales (Anexo 4).

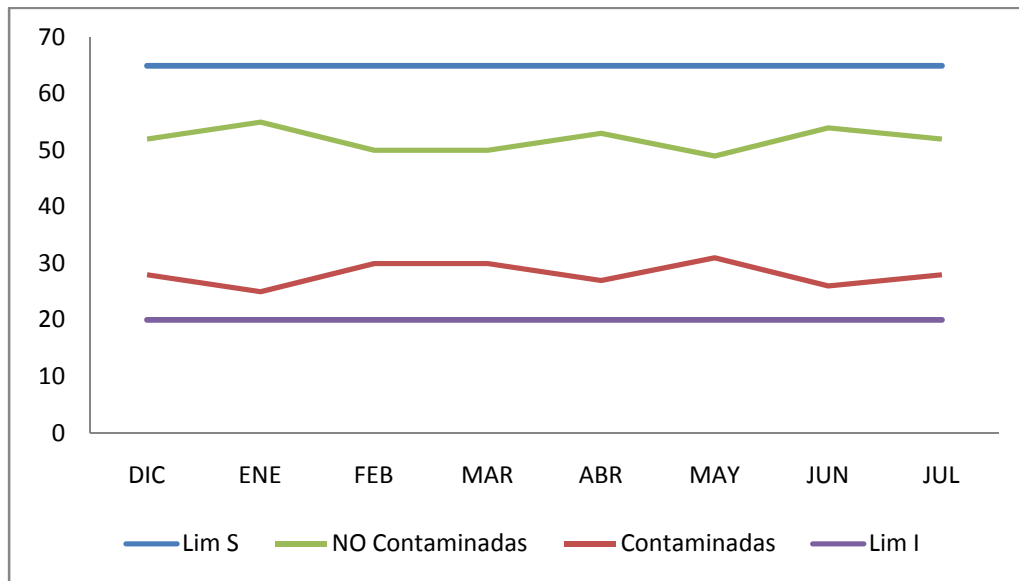
**Tabla 42. Datos mensuales de muestras contaminadas y no contaminadas**

	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
<b>NO</b>	52	55	50	50	53	49	54	52
<b>Contaminadas</b>								
<b>Contaminadas</b>	28	25	30	30	27	31	26	28

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

Durante el seguimiento se observa que la implementación es constante (ver Figura 34 ), lo que demuestra que en la actualidad el proceso se encuentra estandarizado. En el Anexo 5 se presenta el procedimiento de siembra de *Trichoderma* para el uso del personal del laboratorio artesanal, este procedimiento permite estandarizar el proceso de siembra dirigiendo al personal actual y al nuevo personal en la siembra de *Trichoderma*.



**Figura 34. Gráfico de control de la solución implementada**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

En la Figura 35 se observa una comparación entre el estado inicial (So) y los meses donde se implementó la solución. El número de muestra contaminadas se redujo a un 37 % comparado con la situación inicial.



**Figura 35. Comparación Situación Inicial vs Situación Actual**

Elaborado por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorio Artesanal de estudio.

La descripción del área de proceso de siembra de la situación actual se muestra en la Figura 36. Aquí se presenta las entradas, salidas, recursos y controles del proceso.

PROVEEDORES		LIDER DEL PROCESO JEFE DE LOGÍSTICA	CLIENTES	
→ Asociaciones Agrícolas		DESCRIPCIÓN Y LÍMITES DEL PROCESO En ese proceso se purifica y multiplica el hongo Trichoderma para realizar un biofertilizante. Para la producción de un frasco de biofertilizante se debe obtener promedio de 3 fundas de hongo <i>Trichoderma</i> purificado y multiplicado.	Pequeños y medianos agricultores	
	ENTRADAS E1: Trichoderma aislado de plantas genéticamente buenas.	NOMBRE DEL PROCESO <b>SIEMBRA DE TRICHODERMA</b>	SALIDAS S1: Trichoderma purificado y multiplicado (35% de la producción se contamina)	
RECURSOS				
PERSONAL: Laboratorista Jefe de laboratorio	INSTALACIONES: Laboratorio artesanal	EQUIPO Y TECNOLOGÍA: Cámara de siembra Matrices de multiplicación Instrumentos para siembra Materiales de limpieza	FINANCIERO: Presupuesto del Estado y de Asociaciones	
CONTROLES			MEDICIÓN	
DOCUMENTOS: Proceso de Siembra. A partir de una cepa de hongo Trichoderma, se siembra matrices madres, estas en hijas, estas en nietas y así sucesivamente para su purificación. Las bisnietas son sembradas en fundas para obtener el producto final.	REGISTRO: Registro de auditorías de limpieza Registro de muestras contaminadas Registro de Reuniones mensuales		INDICADOR: Número de muestras contaminadas	

**Figura 36. Descripción del área de proceso de siembra de *Trichoderma* (Situación Actual)**

Elaborado Por: Ing. Gabriela Valenzuela

Fuente: Laboratorios Artesanal de Estudio

#### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El laboratorio artesanal de *Trichoderma* tiene una producción mensual de 80 unidades de las cuales el 72% son desperdicios, este porcentaje no permite que el laboratorio llegue a ser autónomo, por lo que sigue siendo subsidiado por la Institución Pública y la Asociación a la que pertenece, como consecuencia, no permite contribuir a la estrategia del país la cual es la disminución de las importaciones y del uso de agroquímicos. Por esta razón, se realizó un análisis para la optimización del proceso de siembra del laboratorio artesanal de *Trichoderma* para disminuir el reproceso o desperdicio.

Primeramente, se realizó un análisis económico de la situación inicial como se observa en las Tablas No 8 y 14, las cuales muestran que el costo del desperdicio es el 80,55% del costo total de operación, por lo cual, el laboratorio gasta más en elaborar desperdicio que en elaborar muestras no contaminadas. Para poder disminuir este porcentaje de desperdicio, se trabajó con el personal del laboratorio para analizar las causas-raíz principales que provocan este porcentaje, se realizó un diagrama de Ishikawa como se muestra en la Figura 19, la cual mostró que la técnica de siembra en botellas y la falta de inocuidad en el proceso de siembra son las principales causantes de desperdicio. A estas dos causas se les tomaron como base para un diseño experimental.

Para el diseño experimental se tomó el diseño factorial 2x2, la cual permitió determinar que factor de estudio influyó en la variable de respuesta. Para este análisis se tomaron como factores "uso de botellas" y "forma de limpieza", como se muestra en la Tabla 17, en esta tabla se presenta el análisis ANOVA, el cual permite afirmar que el factor "uso de botellas" interviene significativamente en la variable de respuesta que es la reducción del reproceso o desperdicio.

Adicionalmente, se realizó una comparación de los costos de cada tratamiento para ver su diferencia en el costo del reproceso, el cual dio como resultado que el tratamiento sin botellas y con limpieza es el tratamiento que disminuyó un 65% el costo del desperdicio. Este tratamiento se implementó en el laboratorio artesanal de *Trichoderma* de Ambato.

Considerando el análisis técnico-económico, las soluciones implementadas fueron la eliminación de las botellas como medio de crecimiento en el proceso de siembra y un estándar de limpieza en las actividades de la cámara de siembra.

Finalmente, para realizar el seguimiento de las soluciones implementadas, se realizaron registros de auditorías de limpieza y registros de muestras contaminadas, las auditorías se realizan 3 veces al mes y los registros de muestras contaminadas se hacen diariamente. Actualmente, el proceso de siembra de *Trichoderma* del laboratorio de Ambato se encuentra estandarizado como se observa en la Figura. 34.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Se optimizó el proceso del área de siembra del laboratorio artesanal de *Trichoderma* de Ambato reduciendo en un 37% el reproceso y en un 66% el costo del reproceso, mediante el uso de herramientas de gestión de procesos.
- El diagrama Ishikawa analiza la causa-raíz del problema, ya que el equipo de mejora comparte ideas y experiencias del problema analizado.
- El Diseño Factorial 2 x 2 permite analizar si existe diferencia significativa entre los tratamientos analizados.
- El análisis técnico-económico, permite decidir qué solución es la mejor para disminuir el reproceso. En el laboratorio artesanal la solución técnico-económico que permite un nivel de productividad para el mantenimiento económico del laboratorio es Sin Botellas y Con Limpieza.
- Los registros para el seguimiento y monitoreo de la solución implementada, permite estandarizar el proceso de siembra en el laboratorio artesanal de *Trichoderma*.

### 5.2. Recomendaciones

- Para que el laboratorio disminuya las muestras contaminadas y llegue a ser autónomo, se recomienda la implementación de cámara de flujo laminar, ozonificadores y destiladores en el área de siembra de *Trichoderma*, adicionalmente, se deberá aumentar la producción según el costo del equipo para recuperar la inversión.

- Para evitar riesgos de contaminación cruzada y obtener buenas prácticas de elaboración dentro del laboratorio, se recomienda ampliar este estudio dentro de todas las áreas del laboratorio artesanal de *Trichodermas*
- Para incrementar un nivel de mejora en la producción de *Trichoderma*, se recomienda que la Institución Pública realice este análisis en los 12 laboratorios a nivel país



## BIBLIOGRAFÍA

Cuatrecasas, L. (2010). *Gestión Integral de la Calidad: Implementación, control y certificación*. Barcelona: Profit.

Falconi, C. (2010). *Sistema de Produccion Masiva de Trichoderma*. Ecuador: agriculture-technology.

Fontalvo, T., & Vergara, J. (2010). *La gestión de la calidad en los servicios ISO 9001:2008*. Malaga, España: Primera.

García, F. (2010). *La mejora de la Productividad en la pequeña y mediana Empresa*. España: Club Universitario.

Guajardo, E. (2003). *Administración de la Calidad Total*. México: Pax México.

Guerra, I. (2007). *Evaluación y Mejora Continua*. Indiana: AutorHouse.

Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2012). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México DF: Mc Graw Hill.

Heredia, J. (2001). *Sistema de indicadores a la mejora y el control integrado de la calidad de los procesos*. Castelló: Universitat Jaume.

Herrera, R., & Fontalvo, T. (2011). *Seis Sigma: Métodos estadísticos y sus aplicaciones*. El Salvador: UTEC.

López, V. (2008). *Gestión eficaz de los procesos productivos*. Madrid: Especial Directivos.

Medina, U., & Alicia, C. (2010). *Cómo evaluar un proyecto empresarial*. Madrid: Díaz de Santos.

Miranda, F., Antonio, C., & Sergio, R. (2007). *Introducción a la gestión de la Calidad*. Madrid: Delta Publicaciones.

Peréz, S., & Seco, P. (2013). *La excelecia operativa en la administracion publica*. España: INAP.

Riberos, A. (2010). *Inducción de Resistencia en Plantas*. Colombia: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

SENPLADES. (2013). Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. *Buen Vivir* , 519.

SINAGAP. (2013). *Boletin de Agroquimicos del Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca*. Obtenido de [www.sinagap.agricultura.gob.ec/ano2013bpi-agroq/boletin-digital-2013](http://www.sinagap.agricultura.gob.ec/ano2013bpi-agroq/boletin-digital-2013)

Sivila, N., & Álvarez, S. (2013). *Producción Artesanal de Trichoderma*. Argentina: CEDAF.

Suárez, M. (2007). *EL KAIZEN: La filosofía de Mejora Continua e Innovación Incremental detrás de la Administración por Calidad Total*. México: Panorama.

## ANEXOS

### ANEXO No. 1 Áreas del Laboratorio Artesanal de *Trichoderma*

#### Área de Limpieza



#### Área de Multiplicación

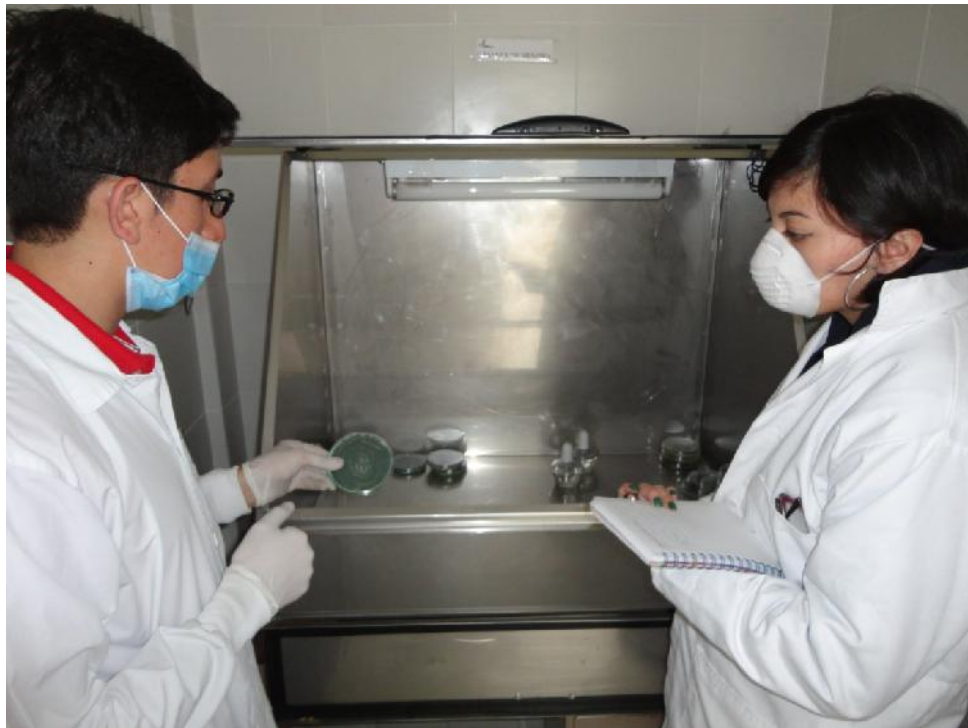




## Elaboración de Matrices de Arroz



## Área de Siembra



**Seguimiento y Monitoreo.**





**ANEXO No. 2 Registro de revisión de limpieza del área de siembra**

REG-L-001

<b>Tarea</b>	<b>Cumplimiento</b>		<b>Observaciones</b>
	<b>SI</b>	<b>NO</b>	
Se encuentra el piso limpio y desinfectado			
Se encuentra limpia y desinfectada la cámara de siembra			
Los instrumentos a utilizar se encuentran limpios			
Los instrumentos que ingresan a la cámara de siembra fueron desinfectados con alcohol			
Se encuentra el mechero encendido en la parte central de la cámara de siembra			
Todo instrumento que ingrese a la cámara debe ser desinfectado con alcohol.			
Manos del operario limpias y cortadas las uñas.			
Se desinfecta las manos con alcohol cada vez que ingresa a la cámara de siembra			

\_\_\_\_\_  
Firma del laboratorista\_\_\_\_\_  
Firma del supervisor\_\_\_\_\_  
Firma del Jefe del laboratorio



**ANEXO No. 3. Registro de Muestras Sembradas y Contaminadas**REG-S-  
001**LABORATORIO ARTESANAL DE TRICHODERMA**

FECHA DE SIEMBRA	NOMBRE OPERARIO	# MUESTRAS SEMRADA	# DE MUESTRAS CONTAMINADAS	FECHA DE SIEMBRA	NOMBRE OPERARIO	# MUESTRAS SEMRADAS	# DE MUESTRAS CONTAMINADAS

---

Firma del  
Laboratorista

---

Firma del Jefe del laboratorio

**ANEXO No. 4. Registro de Seguimiento.****ACTA DE REUNIÓN**

<b>TEMA:</b>						<b>Fecha</b>	
						<b>Lugar</b>	
<b>No.</b>	<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>CI</b>	<b>Institución</b>	<b>Cargo</b>	<b>Teléfono</b>	<b>Email</b>	<b>Firma</b>
<b>1</b>							
<b>2</b>							
<b>3</b>							
<b>4</b>							
<b>5</b>							
<b>6</b>							
<b>7</b>							
<b>8</b>							
<b>9</b>							
<b>10</b>							
<b>11</b>							

**ANEXO No. 5. Procedimiento de Siembra**

PROCESO DE SIEMBRA DE HONGO TRICHODERMA		
Emisión: 1	Fecha de emisión	PRST-01
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

<b>Copia número</b>	
---------------------	--

**1. FUNDAMENTO**

Este método establece la metodología para el uso adecuado de el área de siembra de Trichoderma y de la cámara de flujo laminar artesanal, con el objetivo de evitar contaminación en el trabajo a realizarse.

**2. DEFINICIONES**

Hongo *Trichoderma*: "Es un género de hongo no patógeno que funciona como biocontroladores que estimulan el mecanismo de defensa y ejercen efectos positivos de biofertilizante incrementando el crecimiento de la planta" (Riberos, 2010, pág. 148).

*Cámara de Flujo Laminar*: es un equipo que genera flujo interior de aire constante que permite trabajar con material susceptible a ser contaminado por el ambiente y evita la contaminación del mismo.

**3. OBJETIVOS**

- ✓ Estos protocolos van orientados a suplir cualquier inquietud en cuanto a la producción de *Trichoderma* sp.

- ✓ Brinda las pautas necesarias para culminar exitosamente los procesos de producción de Trichoderma.

#### 4. EQUIPOS Y MATERIALES

- Mandil
- Frascos
- Trampas de Trichoderma
- Bisturí
- Pinzas
- Mechero

#### 5. PROCEDIMIENTO DEL METODO

##### Medidas de asepsia del laboratorio y personal

- Limpiar a detalle el laboratorio es decir limpiar mesones, tener todos los materiales de vidrio lavados, pasarlos por agua destilada y secarlos, limpiar exhaustivamente la cámara de siembra artesanal o el mesón de trabajo, barrer y trapear con desinfectante y cloro.
- Una vez limpio todo se procede a lavarse las manos y vestir la indumentaria necesaria (mandil y mascarilla, guantes en el caso de heridas en las manos o lesiones cutáneas y recoger el cabello), tener un par de zapatos para uso exclusivo del laboratorio.





- Recordar que si una personas está embarazada, enferma con gripe o cualquier otra enfermedad no debe trabajar en el laboratorio ya que no se puede operar cuando la persona este con el sistema inmunológicos débil.

### **Preparación del medio de cultivo**

- Se procede hacer Medio de cultivo, dependiendo de las cajas Petri que usted disponga, ya que en cada caja Petri entra aproximadamente 20 ml de medio de cultivo (PDA, CATALÍTICO).

Por ejemplo si tengo 20 cajas Petri y en cada una sé que entra aproximadamente 20 ml de medio de cultivo preparado, esto quiere decir que necesito 400 ml de medio de cultivo preparado ya sea este el medio catalítico para *Trichoderma* o el PDA (papa dextrosa agar).

- La receta estándar nos indica que se requiere 39 g del medio de cultivo en polvo (PDA ó CATALÍTICO) por cada litro de agua destilada. Un litro equivale a 1000 ml.
- En el ejemplo anterior, se necesitaba 400 ml de medio de cultivo preparado, para prepararlo se hace el siguiente cálculo:

**REGLA DE TRES:** Hago la siguiente pregunta: si por cada 1000 ml de agua destilada necesito colocar 39 g de medio de cultivo en polvo, para 400 ml de agua cuantos gramos de medio de cultivo en polvo necesitare colocar?

$$\begin{array}{ccc} 39 \text{ g} & \xrightarrow{1000 \text{ ml}} & \\ & \nwarrow & \\ X & 400 \text{ ml} & \end{array}$$

Coloco las unidades en el mismo orden es decir ml con ml ó g con g y se procede a multiplicar los 400ml por los 39g, dividido para los 1000 ml, dándonos como resultado 15.6ml

Es decir que se necesita 15,6 g de medio en polvo para 400 ml de agua destilada. Con una probeta mido 400 ml de agua destilada y la coloco en una botella boeko de capacidad 1000 ml, luego peso los 15,6 g de medio en polvo y lo disuelvo en el agua destilada de la botella boeko, agitar fuertemente hasta que no queden grumos en las paredes de la botella boeko, o antes de auto clavar hacer hervir una vez la solución del medio de cultivo en polvo más el agua destilada en una olla meciendo y luego pasar a la botella boeko para auto clavar. Para que no se le riegue al momento de auto clavar, se coloca con la tapa semi tapada para permitir la salida de gases.

### **Proceso de auto clavado**

- Se coloca agua en el autoclave hasta 15 cm desde la base de la olla
- Se prende la cocina con la llama alta.
- Se coloca la base
- Se coloca en el interior del autoclave sobre la base, el material a esterilizar.
- Se procede a cerrar la tapa haciendo coincidir la flecha de la olla con la flecha de la tapa, y ajustar los tornillos en forma de cruz.
- Esperamos que comience a salir vapor por la válvula.
- Luego colocamos la pesa de 15 lb y esperamos a que el manómetro suba su aguja a 121°C, una vez que esté a esta temperatura se procede a bajar la llama y medir el tiempo requerido de esterilización.

La temperatura de estilización es de 121°C a una presión de 1.5 atm, el tiempo de esterilización es de 15 minutos.

### **Preparación del área de siembra**

- La cámara de siembra o mesón de trabajo debe ser limpiado con alcohol 70% mediante un paño limpio.
- Una vez limpia la cámara de siembra o mesón de trabajo, se encienden tres mecheros bunsen dejándolos durante un lapso de 15 min, pasado este tiempo empezamos a trabajar e ingresamos el medio de cultivo y las cajas petri de vidrio auto clavadas, sin olvidar desinfectarlas con un baño de alcohol, luego procedemos a dispensar el medio de cultivo preparado a cada caja Petri.

Cabe mencionar que los mecheros nos brindan un halo de protección de de 15 a 20 cm. de radio y que todo lo que ingresa a la cámara o mesón de trabajo debe ser desinfectado con un baño de alcohol, inclusive nuestras manos y brazos.

- No olvidar usar siempre mandil, cofia y mascarilla.
- Al terminar de dispensar, esperamos que el medio de cultivo preparado de cada caja petri se solidifique y dejamos encendida la luz ultravioleta hasta el día siguiente.



Mesón de trabajo



Cámara de siembra

**NOTA:** para que solidifique el medio de cultivo es necesario que el pH final del mismo sea neutro es decir 7, en el caso de que el pH, sea ácido o inferior a 7, se debe neutralizar con unas gotas de Hidróxido de Potasio, o si el pH es alcalino o mayor a 7, se debe neutralizar con unas gotas de Ácido clorhídrico.





**Papel medidor de pH**

- Al día siguiente continuamos con el trabajo, observamos si nuestras cajas con medio preparado han solidificado correctamente y sobre todo si existe contaminación, las cajas contaminadas se eliminan del proceso y se las auto clavan o esterilizan para desecharlas.

### Siembra por parche

- Nos colocamos el mandil, cofia y mascarilla
- Se prepara la cámara de siembra o mesón de trabajo desinfectándolo con alcohol, encendemos los mecheros dejándolos 15 minutos, pasado este tiempo ingresamos un vaso de precipitación de cristal lleno hasta la mitad de alcohol, la mitad de una caja petri de vidrio para apoyar el bisturí y finalmente ingresamos las cepas que vamos a sembrar, no olvidar desinfectar todo lo que ingresa con un baño de alcohol.

El vaso de precipitación lleno de alcohol, sirve para desinfectar las herramientas durante la siembra ya que estas son introducidas en este y flameadas con el fuego de los mecheros

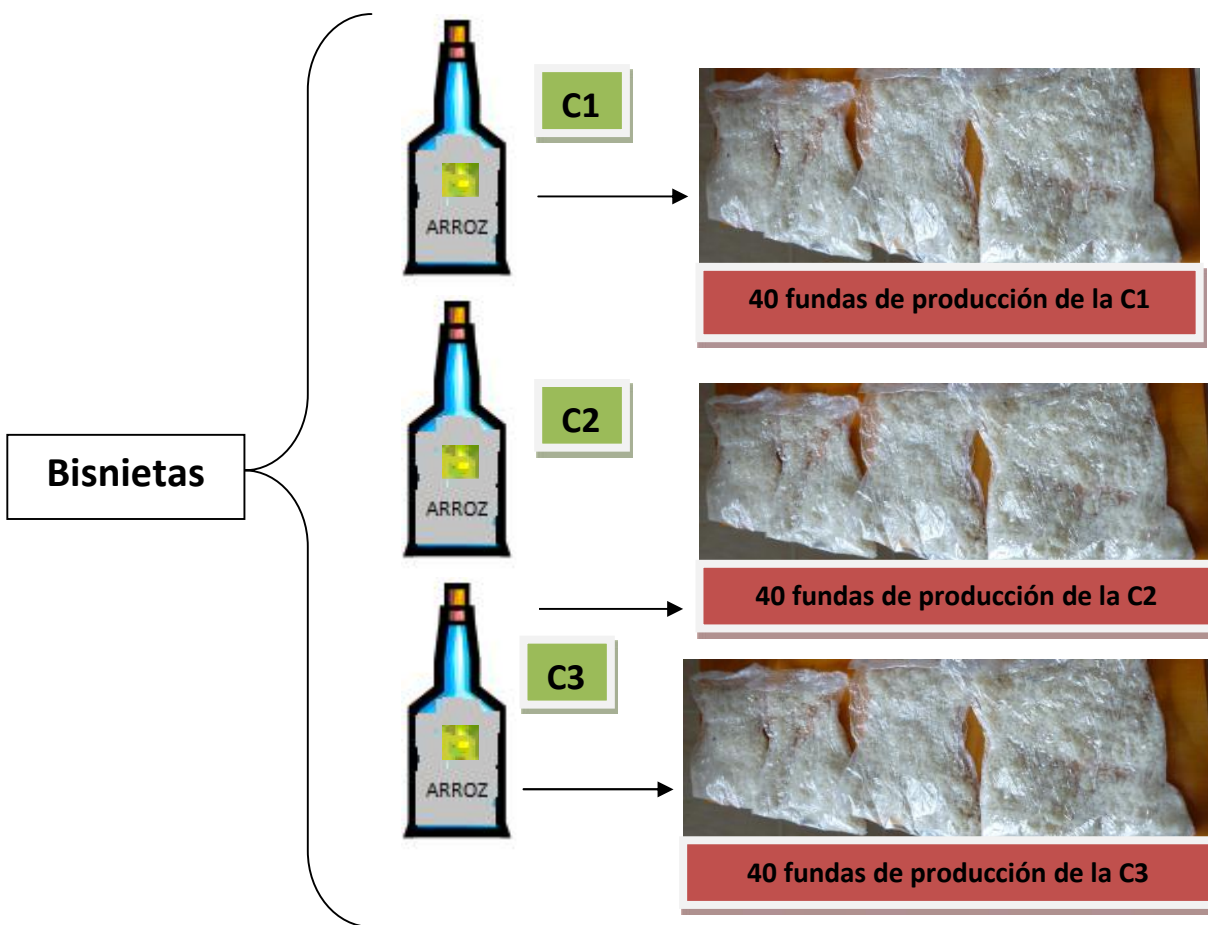
- Tanto las cajas petri con las cepas como las cajas petri que se van a sembrar deben ser desinfectadas acercando sus bordes al fuego del mechero teniendo cuidado de no quemarse.
- Tener cuidado de no borrar la nomenclatura de las cajas petri con cepas al momento de darles el baño con alcohol.
- Retire el parafilm de la caja petri que contiene la cepa y flameo el borde; con ayuda de un bisturí, anteriormente flameado con el mechero y enfriado en el medio de cultivo, corto un cuadrado pequeña de agar con el hongo (*Trichoderma*), y lo coloco en mi caja petri con el medio de cultivo nuevo que prepare el día anterior, la parte con el hongo se coloca boca abajo para que el hongo esté en contacto directo con el medio de cultivo nuevo.
- Etiqueto, con un marcador indeleble poniendo la cepa que estoy sembrando, la fecha, el número de repetición y la persona que está sembrando.
- Una vez sembrada, cierro la caja petri y flameo nuevamente el borde de la caja y cierro sellando la caja con papel parafilm.
- Esperar alrededor de 1 a 5 días para observar crecimiento. Recuerde que *Trichoderma* esporula (se hace verde) a la luz, por lo que es importante que tengan un fotoperiodo, es suficiente con que el cuarto de incubación tenga una ventana para que entre la luz del día y la oscuridad de la noche.

- Si observa que se le contamina, siga las indicaciones de asepsia y repita el procedimiento hasta que sus cepas no se contaminen, **recuerde** este material es del cual vamos a partir. Las cajas petris contaminadas se debe auto clavar, desechar el contenido y luego lavarlas.
- El alcohol que se utilice para los mecheros y desinfectar mesones debe ser industrial y el alcohol para desinfectarse las manos debe antiséptico.

### **Siembra en fundas de producción**

- Una vez que tengamos todas las matrices bisnietas desarrolladas procedemos a realizar las fundas de producción de la siguiente manera:
- Se prepara el arrocillo como se indicó anteriormente, y se coloca en cada funda de producción, 300g de arrocillo por funda, se amarra la funda y se esteriliza o autoclave todas las fundas preparadas, se recomienda colocar en las paredes interiores del autoclave papel bon reciclado, para evitar que las fundas se peguen al metal de la olla.
- Se prepara la cámara de siembra o mesón de trabajo como se indicó anteriormente
- Se introduce todos los materiales y herramientas necesarias en la cámara de siembra o mesón de trabajo, previamente dado un baño de alcohol.
- Los materiales y herramientas necesarios para este trabajo son:
  - Matriz bisnieta desarrollada
  - Funda con arroz estéril o auto clavada
  - Jeringa, micro pipeta o pipeta graduada estéril o auto clavada, **en el caso de la micro pipeta lo que se debe auto clavar son las puntas más no la micro pipeta**
  - Dos mecheros
  - Frasco con agua destilada estéril
  - Grapadora
- Se abre la matriz bisnieta flameando el filo del pico.
- Con la ayuda de la jeringa, micro pipeta o pipeta graduada se introduce 200ml de agua destilada estéril, en el interior de la matriz bisnieta.
- Se agita la matriz bisnieta con el cuidado de no derramar la solución.

- Con la ayuda de la jeringa, micro pipeta o la pipeta graduada se toma 5ml de la solución de la matriz bisnieta y se coloca en la funda de producción.
- Se debe usar todo el líquido de la matriz bisnieta ya que esta no se puede guardar, es decir que se requiere de 40 fundas de producción para acabar con los 200ml de la solución de la matriz bisnieta.
- Cada vez que se siembre o inocule una funda de producción esta debe cerrarse de tal manera que el interior quede aire y se la selle doblando el filo y grapándolo.



## 6. INFORME DE RESULTADOS

- Los resultados de la siembra se llenaran en el Registro RERG-S-001

- Los Registros de limpieza se llenaran en el Registro REG-L-001

## 7. REFERENCIA

- Riberos, A. (2010). *Inducción de Resistencia en Plantas*. Colombia: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

## 8. HISTORICO DE REVISION

Emisión Nro.	Fecha	Descripción
1		Original